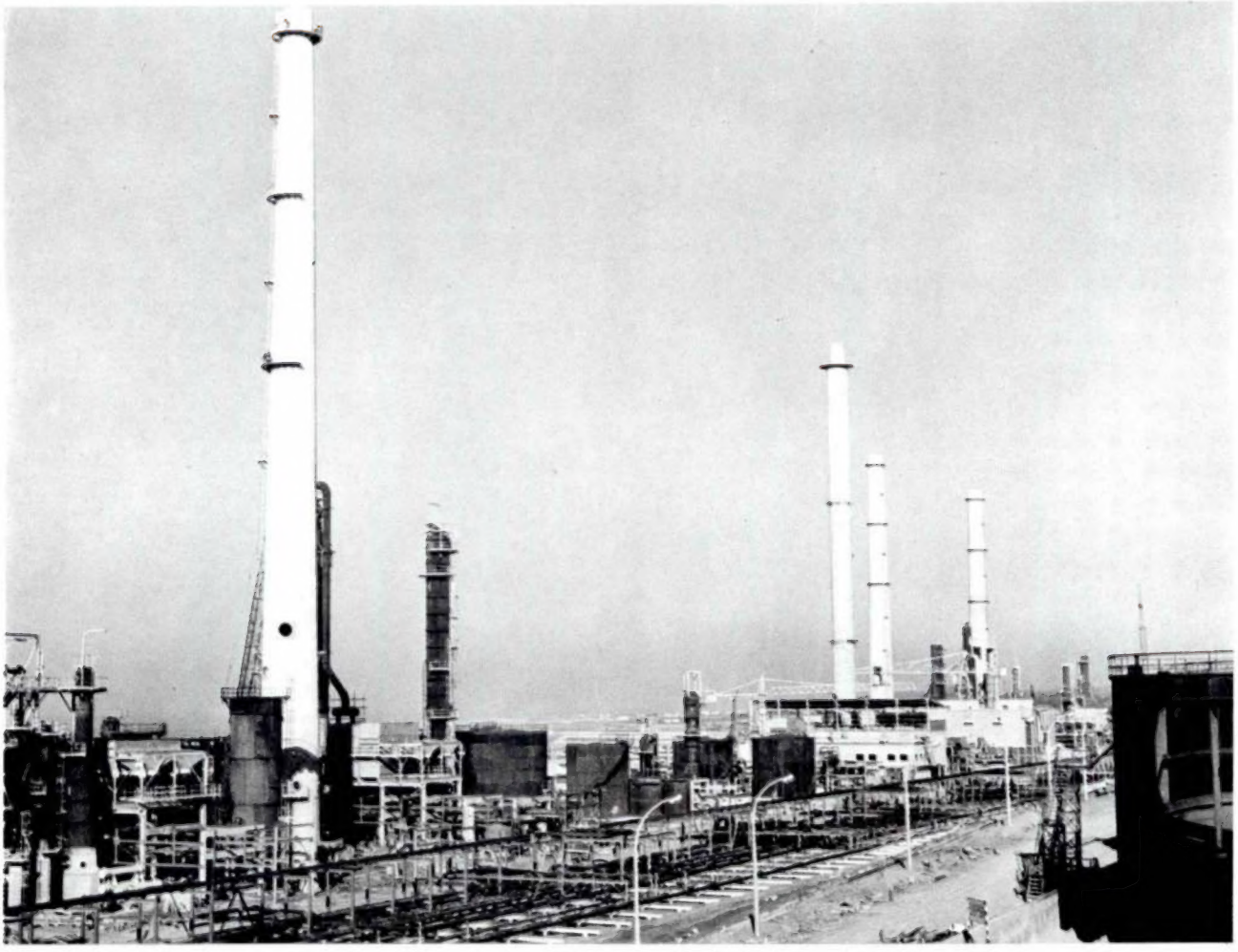
é vasto o nosso campo de acção

6 DELEGAÇÕES NA METRÓPOLE E ULTRAMAR

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA.



SACOR — Refinaria do Norte (Matosinhos) — Quatro chaminés de betão armado com 100 metros de altura. Construção com moldes deslizantes.

OBRAS PÚBLICAS
CONSTRUÇÃO CIVIL—INDUSTRIAL E URBANA

PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA • FUNDAÇÕES ESPECIAIS • CONSOLIDAÇÕES
OBRAS MARÍTIMAS E PORTUÁRIAS • PONTES E VIADUTOS • SILOS E CHAMINÉS
INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS

C. D. U. 531.781.2.082.7

CALIBRAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE EXTENSÓMETROS ELÉCTRICOS *

por ANTÓNIO DUARTE SILVA
Engenheiro Mecânico, Estagiário para Especialista do Serviço Técnico Geral do LNEC, Assistente do Instituto Superior Técnico.

EDUARDO C. MARÇAL GRILO
Engenheiro Mecânico, Estagiário para Especialista do Serviço Técnico Geral do LNEC, Assistente do Instituto Superior Técnico.

RESUMO

Pretende-se neste artigo descrever como se podem calibrar extensómetros eléctricos determinando a sua sensibilidade, e por meio deles fazer a determinação das seguintes constantes elásticas de um aço macio: módulo de elasticidade, módulo de distorção e coeficiente de Poisson.

SYNOPSIS

In this article it is intended to show how to calibrate resistance strain gauges by evaluating their normal sensibility factor. It is also the intention of this article to show how to evaluate the Young's Modulus, Rigidity Modulus and the Poisson's Ratio for a model steel.

1 — INTRODUÇÃO

Neste artigo apresentam-se os resultados de um trabalho experimental que fez parte de um curso de pós-graduação realizado no Departamento de Engenharia Mecânica do Imperial College of Science and Technology da Universidade de Londres. O trabalho consistiu na determinação de extensões a fim de, por um lado, se calcular a sensibilidade dos extensómetros eléctricos e, por outro lado, se obterem os módulos de distorção e de elasticidade e o coeficiente de Poisson de um aço macio com uma tensão de ruptura de cerca de 15 T/in^2.

2 — EQUIPAMENTO E PROVETES UTILIZADOS

2.1 — Equipamento

O equipamento utilizado foi o seguinte:

— Banco de ensaio para flexão pura.

— Máquina de torção «Avery» com capacidade de 15 000 lbf in.

— Prensa de 5 toneladas «Denison».

2.2 — Provetes

Os provetes utilizados nos ensaios, foram:

— *Provete A*: uma barra de aço macio de secção transversal rectangular, com dois extensómetros eléctricos montados axialmente e na mesma face da barra. A espessura desta última é de 0,25 in.

— *Provete B*: uma barra cilíndrica de aço macio, com dois extensómetros eléctricos montados de forma a que os seus eixos formem, cada um, um ângulo de 45° com o eixo longitudinal da barra. O diâmetro desta última é igual a 1,4 in.

— *Provete C*: uma barra de aço macio de secção transversal rectangular, com dois extensómetros montados axialmente e um terceiro transversalmente. A largura da barra é de 1/4 in e a altura 1/2 in.

3 — RESULTADOS

3.1 — Cálculo da sensibilidade dos extensómetros eléctricos

O cálculo da sensibilidade S_A fez-se para os extensómetros eléctricos montados no provete A,

* — Este artigo destina-se em especial aos alunos do Curso de Engenhania Mecânica do I.S.T.

sujeitando este a flexão pura no banco de ensaios mencionado.

A sensibilidade define-se da seguinte forma:

$$S_A = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L} = \frac{\Delta R/R}{\varepsilon}$$

o que quer dizer que S_A é a inclinação das curvas num diagrama de $\Delta R/R$ em função das extensões resultantes da deformação aplicada à barra.

Tem interesse determinar S_A através de solicitações de diferente natureza, a fim de se poderem comparar os respectivos valores. Para tal realizaram-se dois ensaios de flexão: um em que os extensómetros foram colocados na zona da barra que fica sujeita à tracção, e outro em que os extensómetros ficaram colocados numa zona sujeita à compressão. Isto conseguiu-se invertendo a posição no banco de ensaios, pois que, estando os extensómetros montados na mesma face da barra, eles medirão extensões resultantes de tracções ou de compressões conforme a posição dela no banco de ensaios.

3.1.1 — Extensómetros colocados na zona da barra em tracção

No Quadro I estão representados os resultados do ensaio em que, para o valor de $\delta = 0{,}01$ in, se obtiveram os valores:

QUADRO I

Flecha (δ) em in	$\frac{\Delta R}{R}$ Extensómetros 1	$\frac{\Delta R}{R}$ Extensómetros 2
0,01"	0,0240	0,0245
0,02"	0,0469	0,0483
0,03"	0,0678	0,0698
0,04"	0,0884	0,0920
0,05"	0,1100	0,1150
0,06"	0,1325	0,1375
0,07"	0,1550	0,1600
0,08"	0,1750	0,1810
0,09"	0,2000	0,2075
0,10"	0,2200	0,2295

extensómetro 1 $(\Delta R/R) = 0{,}02400\,\%$
extensómetro 2 $(\Delta R/R) = 0{,}02450\,\%$
valor médio $(\Delta R/R) = 0{,}02425\,\%$

Na figura 1, ADB representa a barra inicialmente e o arco ACB representa a barra após a

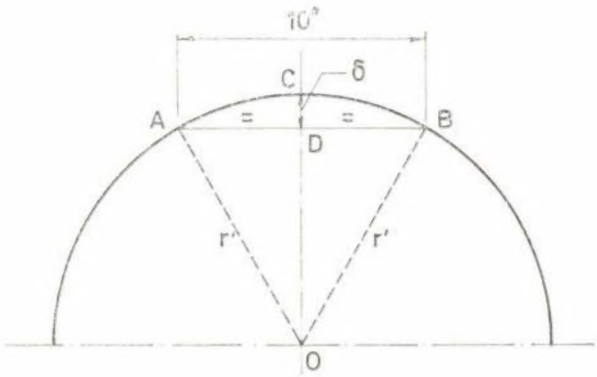


Fig. 1

deformação. Da geometria da figura, e tendo em atenção que (fig. 2) $t \ll r$, o que equivale a dizer que $r \simeq r'$, tem-se que:

$$r^2 = \overline{AD}^2 + (r - \delta)^2$$

$$r = \frac{\delta}{2} + \frac{\overline{AD}^2}{2\delta} \simeq 1250{,}005 \text{ in}$$

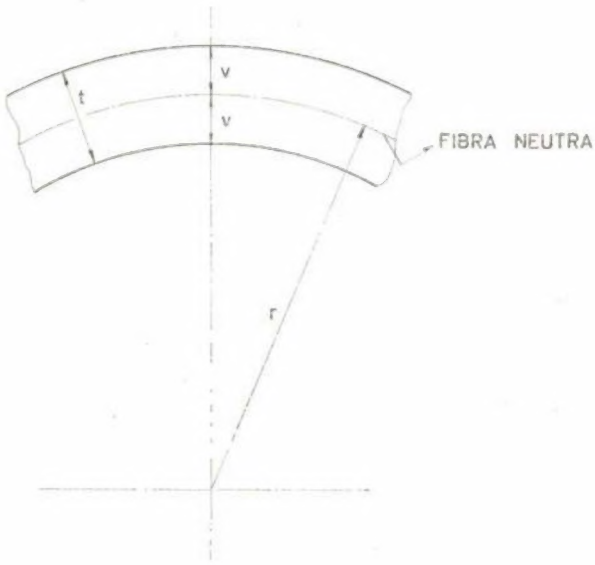


Fig. 2

O alongamento unitário da fibra exterior, ou seja a extensão na direcção longitudinal, será dada por:

$$\varepsilon = \frac{v}{r}$$

onde

$$v = t/2 = 0{,}125 \text{ in}$$

e

$$r = 1250{,}005 \text{ in}$$

de modo que

$$\varepsilon = 1 \times 10^{-4}$$

ou

$$\varepsilon = 1 \times 10^{-2}\ \%$$

Efectuando os mesmos cálculos para diferentes valores de δ (Quadro I) obtêm-se os valores representados no Quadro V e a partir deste último o Diagrama I, no qual $(\Delta R/R)_m$ está em função de ε.

S_A será portanto:

$$S_A = \tan \alpha = 2{,}2$$

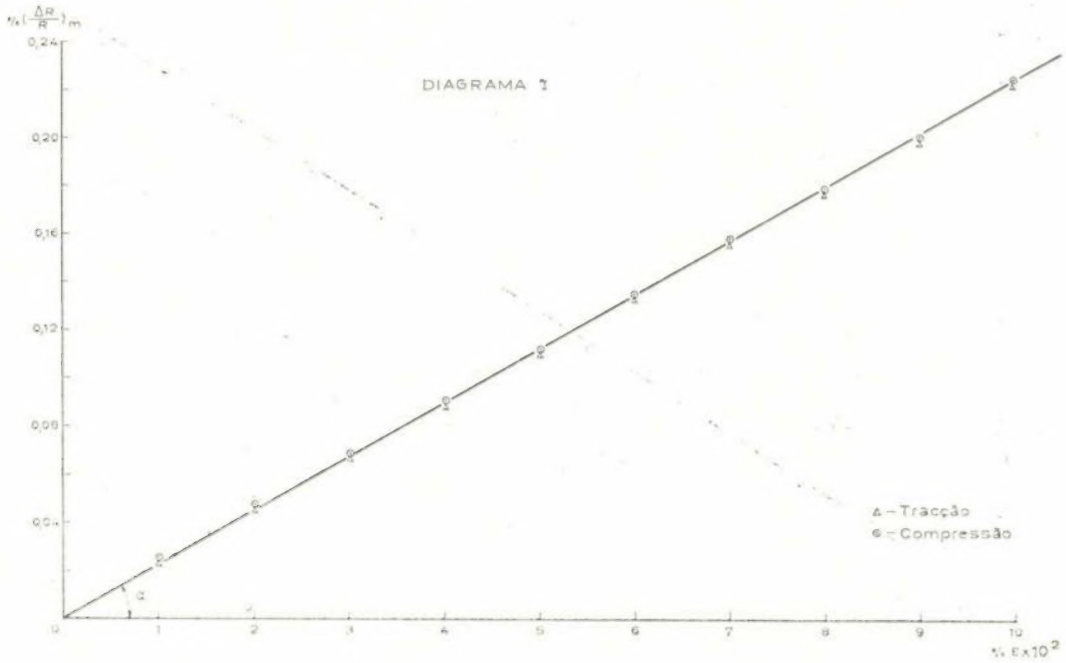
3.1.2 — Extensómetros colocados na zona da barra em compressão

Conforme se disse, para que os extensómetros fiquem na zona de compressão, inverteu-se a barra no banco de ensaios em relação à posição que tinha no ensaio mencionado em 3.1.1. A partir dos valores experimentais registados no Quadro II obtêm-se, por um processo de cálculo idêntico ao exemplificado em 3.1.1., os valores registados no Quadro VI. O Diagrama I $(\Delta R/R)_m$ em função de ε) também contém os pontos obtidos neste segundo ensaio e, por a curva que passa por eles ser pràticamente coincidente com a curva que contém os pontos determinados em 3.1.1, pode-se concluir que S_A terá o mesmo valor para os dois tipos de solicitação. Isto é, S_A será também:

$$S_A = \tan \alpha = 2{,}2$$

QUADRO II

Flecha (δ) em in	$\frac{\Delta R}{R}$ Extensómetros 1	2
0,01"	— 0,0220	— 0,0240
0,02"	— 0,0431	— 0,0460
0,03"	— 0,0640	— 0,0680
0,04"	— 0,0846	— 0,0890
0,05"	— 0,1050	— 0,1105
0,06"	— 0,1250	— 0,1330
0,07"	— 0,1450	— 0,1550
0,08"	— 0,1670	— 0,1765
0,09"	— 0,1875	— 0,2000
0,10"	— 0,2075	— 0,2200



3.2 — Determinação do modulo de distorção G

O valor do módulo de distorção do aço foi obtido através de um ensaio de torção realizado na máquina de torção «Avery» com o provete B.

Por definição, $G = \frac{\tau}{\gamma}$, de modo que traçando a curva de τ em função de γ a inclinação dela é o próprio G.

Os valores de τ e γ (Quadro VIII) foram obtidos por um processo de cálculo que a seguir se exemplifica para um determinado valor do momento do binário aplicado ao provete em estudo.

Do Quadro III onde estão registados os valores obtidos no ensaio de torção para um valor de T = 1000 lbf in e, tendo em conta que,

$$\tau = a \times \frac{T}{I_P}$$

onde

$$I_P = \frac{\pi (2a)^4}{32} \text{ in}^4 = 0{,}378 \text{ in}^4$$

e

$$a = 0{,}7 \text{ in}$$

vem que

$$\tau = 1850 \text{ lbf/in}^2$$

e

$$(\Delta R/R)_m = 0{,}03135\ \%$$

QUADRO III

	$(\frac{\Delta R}{R})_1 \%$	$(\frac{\Delta R}{R})_2 \%$
Momento do binário (lbf in)	Leituras dos extensómetros	
1000	0,0150	0,0134
1500	0,0323	0,0304
2000	0,0478	0,0470
2500	0,0632	0,0638
3000	0,0790	0,0800
3500	0,0960	0,0955
4000	0,1125	0,1120
4500	0,1275	0,1275
5000	0,1435	0,1435
5500	0,1600	0,1600
6000	0,1750	0,1750
6500	0,1925	0,1925
7000	0,2085	0,2085

Como $S_A \frac{(\Delta R/R)_m}{\gamma}$ % e conhecendo S_A de 3.1, obtém-se para γ o valor

$$\gamma = 14{,}25 \times 10^{-5}\ \%$$

ou

$$\gamma = 14{,}25 \times 10^{-5}\ \%$$

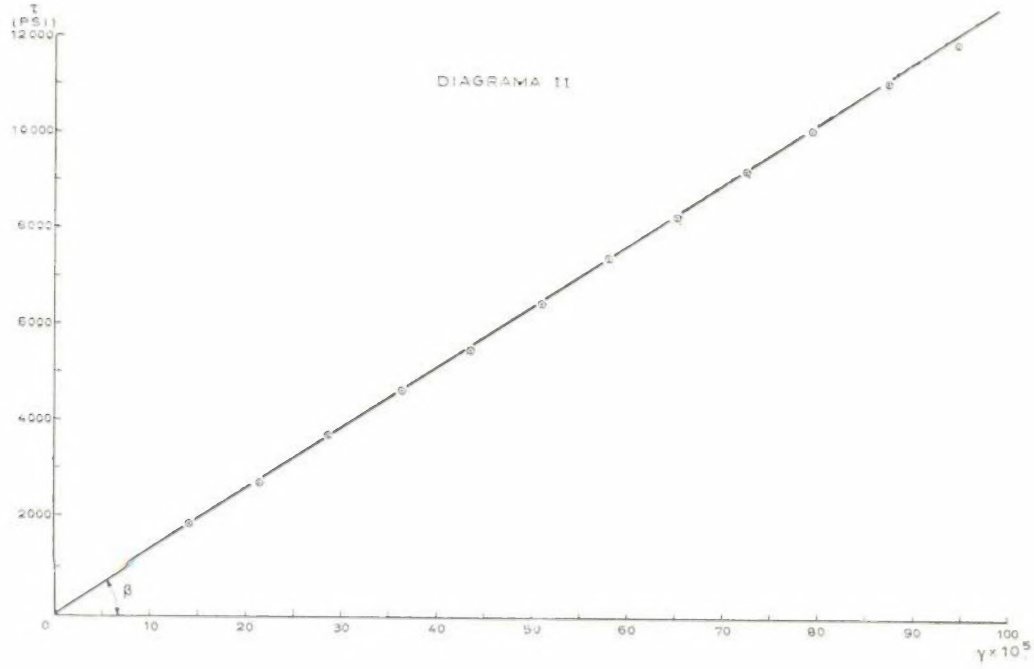


DIAGRAMA II

Obteve-se assim um ponto (τ,γ) e, repetindo este cálculo para outros valores de T, determina-se um número suficiente de pontos (Quadro VIII) que permitem traçar o Diagrama II de τ em função de γ.

A partir da inclinação da curva traçada obtém-se o valor de G que é:

$$G = \tan\beta = 12{,}8 \times 10^6 \quad \text{lbf/in}^2$$

3.3 — Determinação do módulo de elasticidade E

O valor de E foi obtido efectuando um ensaio de tracção na prensa «Denison» com o provete C.

Pela lei de Hooke, $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$, E será a inclinação da curva obtida no diagrama de σ em função de ε.

Seguidamente exemplifica-se a forma de determinar σ e ε.

Do Quadro IV onde estão registados os valores lidos no ensaio de tracção e, para W = 1000 lbf, virá:

$$(\Delta R/R)_m = 0{,}01445\ \%$$

como

$$A = 0{,}625 \text{ in}^2$$

ter-se-á

$$\sigma = \frac{W}{A} = 1600 \text{ lbf/in}^2$$

e

$$\varepsilon = \frac{(\Delta R/R)_m}{S_A} = 6{,}56 \times 10^{-3}\ \%$$

QUADRO IV

Carga (lbf)	$(\Delta R/R)_m$ % — Extensómetros 1	2	3
1000	0,0129	—0,0035	0,0160
2000	0,0242	—0,0062	0,0272
3000	0,0366	—0,0098	0,0320
4000	0,0480	—0,0013	0,0440
5100	0,0600	—0,0165	0,0570
6000	0,0690	—0,0195	0,0670
7000	0,0810	—0,0215	0,0790
8000	0,0940	—0,0250	0,0920
9000	0,1050	—0,0290	0,1025
10000	0,1150	—0,0320	0,1150

ou

$$\varepsilon = 6{,}56 \times 10^{-5}$$

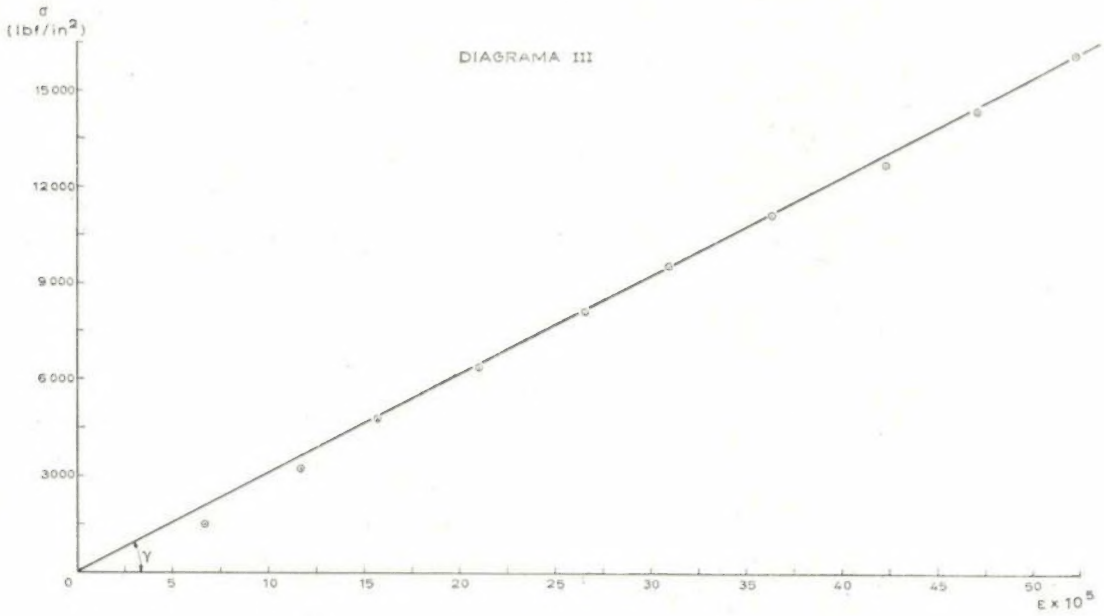
Repetindo o cálculo para outros valores de W constrói-se o Quadro VII e a partir dos valores nele inscritos traça-se o Diagrama III ($\sigma = f(\varepsilon)$) vindo para E o valor

$$E = \tan\gamma = 31{,}4 \times 10^6 \text{ lbf/in}^2$$

3.4 — Determinação do coeficiente de Poisson

Da teoria da elasticidade sabe-se que

$$E = 2G\,(1 + \nu) \qquad \text{(i)}$$



Substituindo os valores de E e G em (i) obtém-se:

$$\nu = 0{,}229$$

Este valor pode ser verificado traçando o diagrama da extensão transversal em função de $-\sigma/E$, isto é, $\varepsilon_t = -\nu \frac{\sigma}{E}$.

No provete C, quando ensaiado à tracção, há uma extensão na direcção transversal que pode ser determinada a partir de $(\Delta R/R)$, isto é, determinada pelo extensómetro colocado transversalmente. O valor de $(\Delta R/R)$, está relacionado com a extensão na direcção principal e com a extensão na direcção transversal através da expressão:

$$(\Delta R/R)_2 = \varepsilon_t S_A + \varepsilon \lambda_c S_A \qquad \text{(ii)}$$

onde λ_c é a sensibilidade transversal relativa e tem o valor de 0,02.

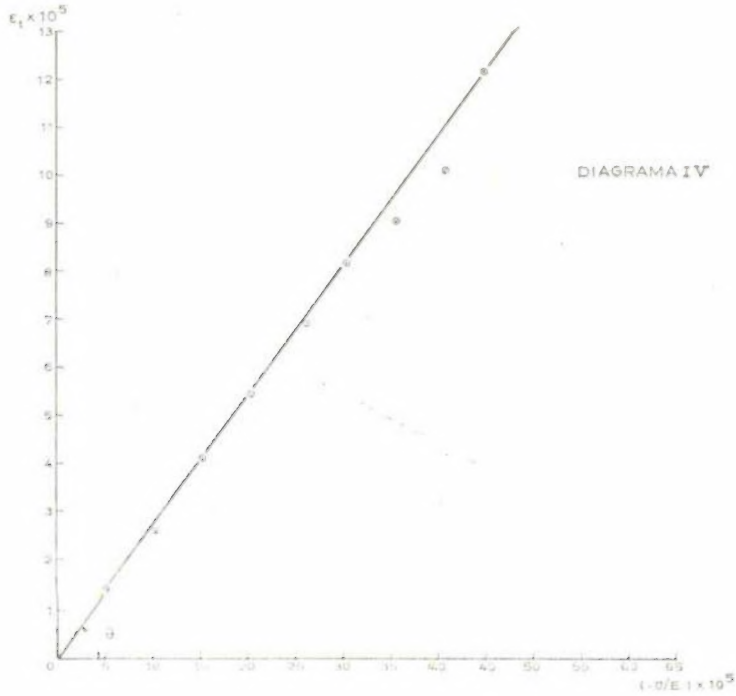
Os valores de ε_t (Quadro IX) podem então ser calculados como a seguir se exemplifica para um dado valor de W.

QUADRO V

δ (in)	$(\Delta R/R)_m$ %	r (in)	$v = \frac{t}{2}$ (in)	$\varepsilon = \frac{v}{r}$ %
0,01	0,02425	1250,005	0,125	1×10^{-2}
0,02	0,04760	625,010	0,125	2×10^{-2}
0,03	0,06880	416,680	0,125	3×10^{-2}
0,04	0,09020	312,520	0,125	4×10^{-2}
0,05	0,11250	250,025	0,125	5×10^{-2}
0,06	0,13500	208,360	0,125	6×10^{-2}
0,07	0,15750	178,605	0,125	7×10^{-2}
0,08	0,17800	156,290	0,125	8×10^{-2}
0,09	0,20380	138,930	0,125	9×10^{-2}
0,10	0,22480	125,050	0,125	10×10^{-2}

QUADRO VI

δ (in)	$(\Delta R/R)_m$ %	r (in)	$v = \frac{t}{2}$ (in)	$\varepsilon = \frac{v}{r}$ %
0,01	0,0230	1250,005	0,125	1×10^{-2}
0,02	0,0450	625,010	0,125	2×10^{-2}
0,03	0,0660	416,680	0,125	3×10^{-2}
0,04	0,0868	312,520	0,125	4×10^{-2}
0,05	0,1078	250,025	0,125	5×10^{-2}
0,06	0,1290	208,360	0,125	6×10^{-2}
0,07	0,1500	178,605	0,125	7×10^{-2}
0,08	0,1718	156,290	0,125	8×10^{-2}
0,09	0,1938	138,930	0,125	9×10^{-2}
0,10	0,2138	125,050	0,125	10×10^{-2}



Do Quadro IV e do Quadro VII e para W = = 1000 lbf in vem:

$$(\Delta R/R)_2 = 0{,}35 \times 10^{-2}\,\%$$

$$\varepsilon = 6{,}56 \times 10^{-3}\,\%$$

como $S_A = 2{,}2$ substituindo os valores em (ii) tem-se:

$$\varepsilon_t = 1{,}41 \times 10^{-3}\,\%$$

ou

$$\varepsilon_t = 1{,}41 \times 10^{-5}\,\%$$

Prosseguindo com o cálculo para outros valores de W, constrói-se o Quadro IX e, a partir dele, o Diagrama IV, vindo então para ν (inclinação da curva):

$$\nu = \tan \Theta = 0{,}265$$

QUADRO VII

Carga (lbf)	Tensão σ (lbf/in²)	$(\Delta R/R)_m$ %	Extensão $\varepsilon \times 10^5$
1000	1600	0,01445	6,56
2000	3200	0,02570	11,69
3000	4800	0,03430	15,60
4000	6400	0,04600	20,90
5000	8150	0,05850	26,60
6000	9600	0,06800	30,90
7000	11200	0,08000	36,40
8000	12800	0,09300	42,30
9000	14400	0,10375	47,10
10000	16000	0,11500	52,30

4 — CONCLUSÕES

Efectuou-se a calibração dos extensómetros eléctricos determinando para S_A o valor de 2,2. Verificou-se que este valor era o mesmo, quer se partisse de leituras dos extensómetros colocados numa zona em tracção, quer numa em compressão.

Para o aço macio dos provetes utilizados, os valores obtidos para as constantes elásticas G e E foram de $12{,}8 \times 10^6$ lbf/in² e $31{,}4 \times 10^6$ lbf/in², respectivamente. Quanto ao ν, obtiveram-se dois valores, um de 0,229, calculado com base nos valores de E e G, e outro de 0,265, obtido do Diagrama IV ($\varepsilon_t = f(-\sigma/E)$). A diferença existente na determinação do valor de ν justifica-se na medida em que o primeiro valor foi calculado desprezando a influência da extensão na direcção transversal do provete (ε_t), enquanto o segundo valor foi obtido directamente em função dessa extensão.

QUADRO VIII

Momento do binário (lbf in)	Tensão de corte τ (lbf/in)	$(\Delta R/R)_m$ %	Distorção $\gamma \times 10^5$
1000	1850	0,03135	14,25
1500	2780	0,04740	21,55
2000	3700	0,06350	28,82
2500	4630	0,07950	36,20
3000	5550	0,09580	43,50
3500	6490	0,11225	51,00
4000	7410	0,12750	58,00
4500	8330	0,14350	65,20
5000	9250	0,16000	72,60
5500	10190	0,17500	79,50
6000	11150	0,19250	87,50
6500	11900	0,20850	94,90

QUADRO IX

$\sigma/E \times 10^5$	$\varepsilon_t \times 10^5$
5,09	1,41
10,18	2,59
15,27	4,15
20,36	5,54
25,95	6,98
30,54	8,25
35,70	9,05
40,70	10,53
45,00	12,25
50,90	13,50

NOTAÇÃO

γ — distorção

ε — extensão principal na direcção longitudinal do provete

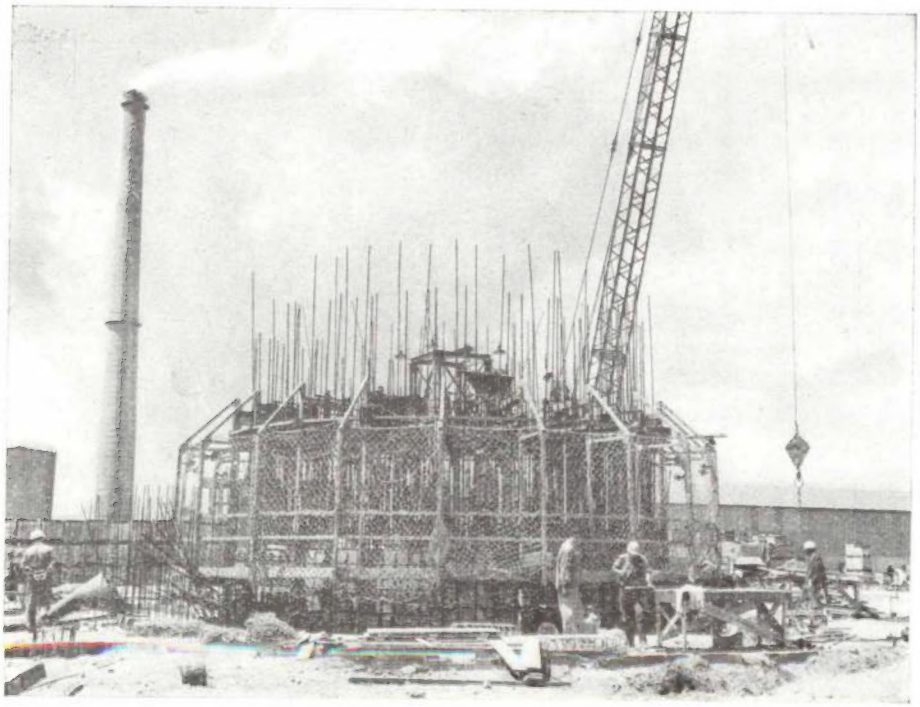
ε_t — extensão principal na direcção transversal do provete

λ_c — sensibilidade transversal relativa
σ — tensão normal
τ — tensão tangencial
ν — coeficiente de Poisson
δ — flecha da viga
a — raio do provete para ensaio de torção
A — área da secção transversal do provete para ensaio de tracção
E — módulo de elasticidade
G — módulo de distorção
I — momento de inércia da secção transversal da viga
I_p — momento polar de inércia da secção transversal da barra de torção
M — momento flector
r — raio de curvatura do eixo neutro da viga
$\frac{\Delta R}{R}$ — variação da resistência eléctrica unitária do extensómetro eléctrico
S_A — sensibilidade do extensómetro eléctrico
T — momento do binário
W — carga
$\frac{\Delta L}{L}$ — extensão unitária da base do extensómetro
t — espessura da viga

A NOSSA CAPA

A foto apresenta o molde deslizante com que foi construída a chaminé tronco-cónica representada na capa. A chaminé, com 130 metros de altura, em 39 dias de deslize consumiu 102 t de aço e 860 m^3 de betão. O diâmetro da base é de 10 m e o da boca de 5 m.

Esta obra foi executada por Construções Técnicas, S. A. R. L., que igualmente construiu a chaminé de 80 m que se vê na foto da capa.



HERÓIS DA LUBRIFICAÇÃO

Dom Impressario y Lopez

Os livros de História falam-nos, com cópia de pormenores, de Cristóvão Colombo e da sua Grande Viagem.

O que os livros não dizem é que as caravelas de Colombo nunca teriam chegado a partir se não fosse o raciocínio rápido de um dos oficiais da Armada, Don Impressario Lopez, homem de caco e de centelha.

Quando Colombo estava prestes a fazer-se ao mar e assim, todo emproado, a fazer-se à América, recebeu em mão própria um «escaldante» relatório confidencial prevenindo-o de que todas as tentativas anteriores para descobrir a América tinham fracassado devido a um único motivo: os

Dom Impressario y Lopez

instrumentos de navegação avariavam-se com a salinidade do ar e acabavam por fazer andar os barcos às voltas.

Colombo consultou o seu fiel ajudante, Don Impressario.

«É um problema de lubrificação», disse Don Imp.

«Quantas vezes será preciso dizer-lhe ainda que o azeite é muito bom no bacalhau com batatas — o prato do futuro! — mas que não serve para lubrificar instrumentos? Chame um Delegado da MOBIL, chame um técnico!».

«Um Delegado...», lamenta-se Colombo. «De um engenheiro é que nós precisamos. Mas ele já não pode chegar a tempo. A maré está a baixar e a Isabel, essa, não anda lá muito católica. Pode mudar de ideias em qualquer momento. E lá se vai a América para outro descobridor!».

Don Imp acalmou os receios do Grande Almirante: «O Delegado da MOBIL sabe o que faz. Tirou um curso de engenheiro em Madrid».

Colombo deixava-se impressionar muito por diplomas e, por isso, resolveu chamar o homem da MOBIL, que chegou pouco depois precedido de barris com vários tipos de lubrificantes. Estudou o problema e, em seguida, indicou o óleo especìficamente recomendado para quadrantes e bússolas e a massa apropriada para cabrestantes, bombas e guinchos.

Sob a supervisão de Don Impressario aplicaram-se os lubrificantes.

As caravelas fizeram-se ao mar — para fazer História.

Os tempos mudaram desde 1492 — mas a MOBIL não mudou.

Os seus Delegados não se limitam a vender. Possuem também a indispensável bagagem técnica para resolver os mais diversos problemas.

Os clientes dos nossos dias, que seguem as pisadas, ou melhor, na esteia de Don Imp, continuam a exigir dos seus fornecedores mais do que um bom lubrificante.

Desejam um tipo de assistência que ajude as suas empresas a obterem o máximo rendimento dos lubrificantes que adquirem.

E sabem que a assistência está às ordens — sempre que comprem lubrificantes da MOBIL.

Exijam MOBIL e... como Colombo... aproveitem a maré !

Mobil

C. D. U. 66.093 : 621

LIOFILIZAÇÃO*

por M. W. ROTHMAYR

Director da Sociedade Afico (Suiça)
Vice-Presidente da Comissão X do
Instituto Internacional do Frio

RESUMO

Um primeiro capítulo é consagrado à natureza da liofilização, e às características e estruturas dos produtos submetidos a esse tratamento, mencionando o autor os aspectos técnicos e principais aplicações. Os outros dois capítulos tratam sucessivamente das condições físico-químicas da secagem no estado sólido, sob o ponto de vista de Engenharia Química, e do desenvolvimento das instalações industriais de liofilização, ao longo dos últimos anos.

Uma importante bibliografia completa este artigo bastante interessante.

SYNOPSIS:

A first chapter is dealing with the nature of the lyophilisation, the characteristics and structure of the products submitted to this process: The author is mentioning the technical aspects of it and its main applications. The two other chapters will study physicochemical considerations on the drying of the solid state, at the point of view of the chemical engineering and the development of industrial plants of lyophilisation during the last years. An important bibliography is completing this very important and very interesting document.

I — BASES TÉCNICAS

Entende-se por liofilização um processo de secagem controlada pelo qual as substâncias a tratar são primeiramente congeladas por arrefecimento a baixas temperaturas, e depois secas no estado sólido, por sublimação directa do gelo, no vazio.

1) As diferentes fases da liofilização — caso das soluções aquosas

a) Congelação: a primeira fase da congelação consiste numa cristalização da água livre, sob forma de cristais de gelo puro, no interior da substância. A solução concentra-se progressivamente e preenche os espaços livres entre os cristais de gelo — estes espaços livres contêm as matérias sólidas, em suspensão, e a água «ligada», não congelável.

Por um forte abaixamento de temperatura provoca-se a congelação dos eutéticos, eutectóides, ou a formação de vidro sólido de alta viscosidade. Assim que a temperatura de solidificação total é atingida, pode-se começar a secagem.

b) Sublimação: a primeira fase da secagem é efectuada a baixa temperatura, e geralmente a pressão reduzida ($\sim 10^{-1}$ Torr). Graças a um fornecimento controlado de calor, o gelo sublima-se a baixa temperatura. O fenómeno alastra progressivamente pela substância congelada, deixando atrás de si uma espécie de bolo poroso.

Com efeito, no decorrer do processo, os cristais de gelo desaparecem, deixando os poros envolvidos por matéria seca, inicialmente contida nas veias líquidas intersticiais.

No entanto, nesta massa sólida, subsistem alguns cristais de gelo, a maior parte das vezes retidos nos eutéticos, que se sublimarão progressivamente.

Esta primeira fase da secagem, da substância no estado sólido, tem lugar sem qualquer alteração da estrutura, sendo necessário que a sublimação se dê abaixo do ponto de fusão do eutético.

c) Desadsorção: Assim que o último cristal de gelo desaparece, a temperatura da substância pode ser aumentada, bem acima do ponto de fusão do eutético, isto com o fim de acelerar a desorção da água restante. Pode-se supor que durante a primeira fase (fase de sublimação) a quantidade de água ligada permanece constante e que todas as superfícies de adsorção permanecem saturadas porque elas são atravessadas

* Artigo traduzido de «Industrie Chimique Belge», *34* (1969), pg. 1089, por amável deferência do autor.

constantemente pela corrente de vapor de água sublimada. Para atingir uma secagem óptima é necessário submeter o produto a uma longa desadsorção em vazio bastante forte ($\sim 10^{-2}$ a 10^{-5} Torr). A humidade restante no produto será então vizinha de 1 a 2 %, e assim que este estado de secagem é atingido pode anular-se o vazio introduzindo um gás inerte.

2 — Liofilização de soluções não aquosas

A liofilização não é um processo reservado ùnicamente às soluções aquosas, podendo servir, com efeito, para a estabilização de sistemas complexos nos quais a água é substituída por um ou mais solventes voláteis. A temperatura de secagem varia então em função do solvente utilizado, p. ex. — 40° C para o Dioxano, — 50° C para o tetracloreto de carbono, — 70° C para a dietilamina, — 80° C para o clorofórmio, — 110 °C para o amoníaco. As condições de trabalho são semelhantes às das soluções aquosas (sublimação a 10^{-1} Torr, desadsorção a cerca de 10^{-5} Torr).

No entanto, as condições são diferentes no que respeita ao anidrido carbónico. As soluções preparadas sob pressão são congeladas a baixa temperatura. A sublimação pode-se efectuar à pressão atmosférica à temperatura de — 78,8 °C.

3 — Caracteristicas e estrutura dos produtos liofilizados

Como o tratamento e a secagem são feitos a baixa temperatura, os produtos liofilizados conservam as características iniciais dos produtos de base e apresentam uma grande estabilidade. Além de mais são fáceis de manipular e graças ao seu pequeno peso, fáceis de armazenar e expedir. Isto implica todavia que as suas características sejam mantidas durante o armazenamento e, além disso, imediatamente após a secagem, o vazio anulado com um gás inerte e a embalagem dos produtos secos efectuada ao abrigo da humidade e tanto quanto possível na ausência de oxigénio. Numa embalagem estanque o produto liofilizado pode ser guardado durante relativamente muito tempo à temperatura ambiente. Por adição de água pura ou dos solventes de origem, o produto retoma imediatamente o estado primitivo que tinha antes da congelação.

Para podermos compreender estas características notáveis, vamos concentrar-nos no estudo da estrutura do material liofilizado. Por sublimação selectiva do solvente cristalizado o produto final aparece como sendo a prova negativa do produto congelado; com efeito, cada cristal deixa um poro, que é a marca exacta da estrutura original; pode-se pois comparar o produto final a uma esponja leve com muitas cavidades e paredes porosas. Isto contribui para conferir ao produto grandes superfícies internas que são de importância considerável.

A determinação das superfícies específicas pelo método BET confirma a hipótese da natureza esponjosa do produto liofilizado. Ela dá grandes sup. internas, p. ex.: 0,25 m^2/g para o leite liofilizado e 25 m^2/g para uma mousse de poliestireno, obtida pela sublimação duma solução de poliestireno em benzeno.

No produto liofilizado a superfície interna, que é muito grande, apresenta igualmente uma capacidade de reacção importante. O máximo de superfície interna é atingido no fim da fase de sublimação. Durante a fase de desadsorção seguinte a capacidade de reacção aumenta de tal modo que o produto completamente poroso actua como um material de adsorção muito activo — é por isso que o primeiro contacto com um gás é determinante. Com efeito, este gás enche completamente todas as estruturas e, atingindo todas as superfícies de adsorção disponíveis, acha-se imediatamente bloqueado. No caso em que este gás contém compostos reactivos tais como oxigénio ou vapor de água, estes reagem fatalmente com o produto e, passado mais ou menos tempo, irão provocar durante a armazenagem processos de oxidação e de decomposição.

No caso em que o vazio é anulado por ar sem precauções particulares, o produto fica submetido a uma acção impeditiva de uma boa conservação. Isto mostra a importância dum anulamento de vazio adequado; o argon, p. ex., aumenta a estabilidade e qualidade dos produtos muito sensíveis; o efeito da estabilidade do CO_2 ou do Azoto é inferior ao do Argon.

4 — Reflexões técnicas

É indispensável que cada fase da liofilização seja realizada em condições óptimas e que os aparelhos complexos necessários para esta operação sejam fáceis de manipular.

Aparelhos automáticos e contínuos são muito aconselháveis porque permitem um trabalho relativamente fácil, seguro e garantem sobretudo uma qualidade contínua e óptima do produto final.

Vários processos estão no mercado. As fases de congelação, sublimação e desadsorção podem ser executadas em diferentes unidades, ou na mesma câmara por diversas técnicas.

A congelação pode efectuar-se ou por contacto com superfícies arrefecidas a pressão reduzida ou num túnel com circulação de ar frio ou ainda por imersão num banho de congelação.

A sublimação requere muito particularmente uma vigilância rigorosa do calor fornecido, isto para evitar quer uma fusão da camada ainda congelada quer uma deterioração pelo calor da camada já seca.

Isto implica um controle cuidadoso da temperatura das placas de aquecimento e das condições de pressão no secador. Vários sistemas de aquecimento podem ser utilizados:

— por contacto directo
— » irradiação
— » convecção
— » alta frequência.

Na maior parte dos casos será necessário um controle automático, e a temperatura do produto seco ou a condutividade do produto poderão ser utilizadas para controlar as placas de aquecimento por meio de reguladores.

A desadsorção deve ser feita segundo regras precisas. Muitas vezes, tendo em vista um vazio elevado, procede-se a uma mudança de modo de aquecimento. Dado que a matéria porosa se comporta como um material isolante, o produto apresenta-se pouco permeável ao calor. Um meio elegante de resolver este problema é introduzir a energia necessária à separação das moléculas de água, por meio de irradiação de alta frequência.

Um outro problema na liofilização é o transporte do vapor de água que sai do produto. Segundo as características do produto sublimado e as capacidades da instalação, a água pode ser:

— ou absorvida directamente (ejector de vapor)
— ou retirada por via físico-química (P_2O_5 ou peneira molecular)
— ou por via física (glicerina)
— ou condensada sobre superfícies frias.

Neste último caso que é seguramente o mais frequente, as superfícies arrefecidas encontram-se no próprio secador ou em recipientes anexos. Como última nota técnica mencionemos que existe um grande número de tipos de instalações de liofilização, desde o pequeno aparelho de laboratório, para algumas ampolas, até à grande instalação industrial, para várias toneladas de produto seco. Estas instalações funcionam de maneira descontínua, semi-contínua ou contínua.

5 — Principais aplicações da liofilização

É impossível enumerar todas as aplicações da liofilização. Com efeito, cada uma requereria uma descrição detalhada das suas características principais; citemos, por exemplo, a preparação do produto, a adição de materiais de enchimento (balastro), a temperatura de sublimação, a humidade dos produtos residuais, etc..

A lista seguinte fornece alguns exemplos de aplicação:

— Conservação de material biológico em laboratório.

A partir de sistemas aquosos (batérias, vírus, leveduras, bolores), conservação de complexos bioquímicos (enzimas, vitaminas, hormonas), conservação das albuminas dos tecidos vegetais ou animais, conservação de células para a microquímica, a histoquímica e os estudos de estruturas finas.

A partir de sistemas não-aquosos: tratamento de gorduras, fosfolípidos, esteróides e vitaminas.

— Conservação de substâncias nos hospitais.

Conservação do plasma humano e seus derivados (albumina, globulina, fibrinogénio, anticorpos). A liofilização permitiu igualmente a criação de bancos de tecidos para a cirurgia restaurativa ou funcional (ossos, cartilagens, artérias, córneas).

— Aplicações na indústria farmacêutica.

Conversação de diversos medicamentos: hormonas, vitaminas, extratos de tecidos, vacinas, soro, antibióticos, antígenes.

— Aplicações da liofilização na indústria biológica.

Conservação de fermentos, enzimas, leveduras e culturas de bactérias para fermentações dirigidas.

— Importância da liofilização na indústria alimentar.

Tratamento de legumes, polpas e sumos de frutos, ovos, carne, peixes, crustáceos, comidas preparadas, alimentos infantis, alimentos dietéticos, leite e derivados, extratos de chá e café.

— Desenvolvimento da liofilização na indústria química.

É utilizada, na energia nuclear, para eliminar detritos radioactivos e água contendo berílio.

É igualmente utilizada na preparação de ampolas de vidro contendo fontes radioactivas.

A liofilização pode servir também para a preparação de catalizadores e de filtros eficazes com alta selectividade de adsorção; é igualmente utilizada para concentrar sistemas não aquosos muito diluídos. Emprega-se também para preparar «espumas» plásticas ligeiras e para estabilizar radicais livres.

II — A SECAGEM NO ESTADO SÓLIDO

A liofilização é um processo de secagem bem controlado.

Depois de um tratamento adequado as substâncias a liofilizar são inicialmente congeladas a baixas temperaturas. Em seguida secam-se sob vazio, por sublimação directa do gelo ou da fase solvente no estado sólido.

Para se empreender bem os fenómemos de transferência de calor e de massa, importa conhecer a fundo as diferentes fases do processo de liofilização.

a) A Congelação — No princípio da congelação da substância a água livre cristaliza sob a forma de gelo puro. A solução cada vez mais concentrada preenche o espaço intensticial entre os cristais de gelo. Esta solução intersticial contém água quìmicamente ligada e não congelável.

Ao baixar ainda a temperatura, a solução solidifica em eutéticos, eutectóides ou em vidros com uma viscosidade muito elevada. Ao atingir-se completamente a temperatura de solidificação poderá começar a sublimação.

b) A Sublimação — A 1.ª fase de secagem é feita a baixa temperatura, que se manterá constante graças a um fornecimento controlado de calor. Logo que a secagem começa, a interfase matéria seca / matéria congelada desloca-se de superfície para o interior da substância congelada, deixando um bolo bastante poroso.

Com efeito, durante a sublimação, os cristais de gelo desaparecem deixando vacúolos que têm por parede a matéria seca, inicialmente contida nos veios intersticiais.

Esta 1.ª fase de secagem faz-se no estado sólido, sem qualquer modificação estrutural desde que se faça a uma temperatura inferior ao ponto de congelação da solução intersticial.

c) Desadsorção — Logo que esteja sublimado o último cristal de gelo pode-se aumentar consideràvelmente a temperatura da substância a secar, acima da temperatura de congelação total da solução.

Isto permite acelerar a desadsorção da água que resta. Admite-se que durante a sublimação a quantidade de água ligada permanece constante e que todas as superfícies de adsorção estão saturadas, porque elas são constantemente varridas pelo fluxo de vapor.

Para atingir uma secagem adequada é necessário submeter o produto a uma desadsorção prolongada a pressão reduzida (10^{-2} a 10^{-3} Torr).

Uma vez atingido o grau de secagem desejado anula-se o vazio com um gás inerte e seco.

O andamento da secagem por liofilização segue aproximadamente o gráfico seguinte:

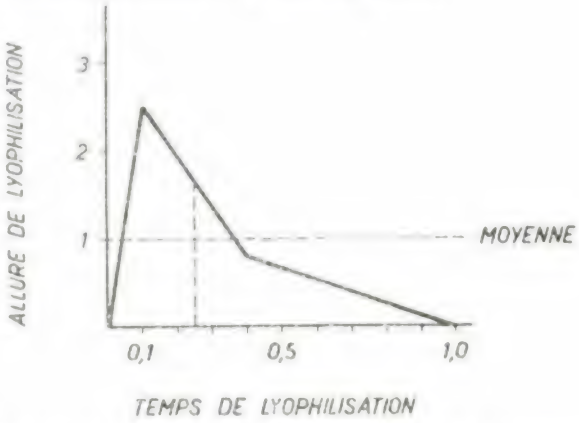


Fig. 1 — Andamento da liofilização em função do tempo.

Distinguem-se 3 zonas de secagem:

a) Uma zona inicial, que corresponde ao início do aquecimento.

Após um pequeno intervalo de tempo, o gráfico sobe ràpidamente até um valor máximo.

b) Uma zona de sublimação, ou primeira fase de secagem.

A interfase seca-congelada desloca-se da superfície, em direcção ao interior da substância congelada. O gráfico decresce muito ràpidamente

porque a resistência dos poros ao fluxo do calor e ao do vapor aumenta ràpidamente com a distância que separa a interfase de sublimação da superfície livre do produto. (Contràriamente ao que se passa com a secagem em fase líquida não pode haver uma zona de secagem em andamento constante, ou seja, uma zona na qual o solvente líquido chega à superfície por capilaridade).

c) Uma zona de desadsorção ou segunda fase de secagem.

O andamento decresce ràpidamente, para atingir o valor zero. Deve notar-se que os calores de ligação são muitas vezes superiores ao calor de sublimação.

Qualquer secagem é regida por 2 tipos de transferência:

1) transferência de calor
2) transferência de massa

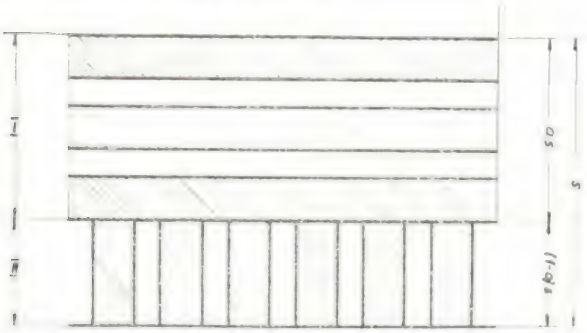


Fig. 2 — Modelo de estrutura dum corpo poroso.

Transferência de calor (fig. 2).

A transferência de calor através da substância congelada e compacta não apresenta qualquer problema. (A condutividade do gelo é mesmo superior à da água líquida).

Pelo contrário, a transferência de calor através da substância porosa é muito mais complexa.

Krischer e Esdorn sugerem a hipótese dos leitos de poros em paralelo. Eles propõem:

(*a*) partes de leitos «sólidos» e leitos «porosos» em série e (1–a) partes de leitos sólidos e leitos porosos em paralelo.

Geralmente, a condutividade dos leitos sólidos é bastante superior à dos leitos «porosos».

A condutividade da parte I é fraca mas influencia fortemente a condutividade total. Esta influência aumentará com uma maior participação da parte I. (É também o caso em que todas as partículas não se tocam senão por pontos).

A condutividade total λ dum sistema exprime-se pela fórmula

$$\lambda = \frac{1}{\dfrac{1-a}{\lambda_s (1-\psi) + \lambda_p \psi} + a \dfrac{1-\psi}{\lambda_s} + a \dfrac{\psi}{\lambda_s}}$$

λ = condutividade total
λ_s = condutividade do sólido
λ_p = condutividade dos poros
ψ = porosidade
a = partes de leitos sólidos e poros em séries.

A condutividade dos poros λ_p compõe-se da condutividade λ_g do gás e da transferência de calor por radiação entre as paredes dos poros.

Para os produtos porosos, a condutividade de calor varia com a pressão, assim que começa o regime molecular. Isto implica que não é só a condutividade do estado sólido e a radiação interior que têm importância, mas sobretudo a condutividade do gás nos poros.

A teoria cinética dos gases desenvolve a fórmula da condutividade do gás, em regime molecular entre 2 paredes:

$$\lambda_g = \frac{\lambda_{g_0}}{1 + 2 \dfrac{\Lambda}{d} \dfrac{2-\nu}{\nu}}$$

λ_g — condutividade do gás
λ_{g_0} — condutividade do gás (independente da pressão)
Λ — livre percurso médio das moléculas
d — diâmetro dos poros
ν — coeficiente de acomodação.

Para a determinação do livre percurso médio das moléculas foram publicados muitos trabalhos e propostas muitas fórmulas.

Só citaremos três:

Maxwell:

$$\Lambda = \frac{1}{\frac{4}{3} \pi \delta^2 N} = \frac{0{,}239}{\delta^2 N}$$

Claudius

$$\Lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\ \pi\ \delta^2\ N} = \frac{0{,}225}{\delta^2\ N}$$

Tait

$$\Lambda = \frac{0{,}677}{\pi\ \delta^2\ N} = \frac{0{,}215}{\delta^2\ N}$$

δ — diâmetro da molécula

N — n° de Avogadro (= $0{,}269 \times 10^{20}/cm^3$, a 760 Torr e a 0°C)

Existem ainda incertezas quanto ao diâmetro das moléculas e sobretudo da molécula de água. De acordo com as mais recentes investigações o diâmetro seria ligeiramente superior a 2,5 A°. Admitindo este valor, o livre percurso médio das moléculas de vapor de água seria, a 273°K e às pressões indicadas

P:	1 Torr	0,1 Torr	0,01 Torr
V:	0,08 mm	0,8 mm	8 mm

A baixa pressão, quando o livre percurso médio das moléculas se torna importante, e para um produto contendo poros muito finos, o valor da condutividade tende para zero. Este facto é bem conhecido; utiliza-se em grande escala no fabrico de invólucros isolantes.

Na liofilização industrial a pressão situa-se entre 0,05 e 1 Torr. Entre estas 2 pressões observa-se uma forte queda de condutividade da substância porosa, o que exerce um abrandamento no andamento da secagem.

Nesta altura, é útil voltar à congelação. O andamento da congelação tem uma influência preponderante no tamanho dos cristais de gelo. Quanto mais lento é o andamento, tanto maiores são os cristais de gelo e vice-versa. Aos cristais maiores correspondem poros maiores e consequentemente uma melhor transferência de calor e uma sublimação mais rápida.

Mas muitas vezes os cristais de gelo muito grandes tendem a destruir a textura dos tecidos biológicos.

Para manter esta textura utiliza-se uma congelação ultra-rápida, muitas vezes em azoto líquido a -196°C. O tamanho dos cristais de gelo pode então chegar a 50 A. Naturalmente o andamento de secagem variará.

Transferência de massa

A quantidade de vapor G_D permutada em regime molecular através dum capilar, de diâmetro d, secção F e comprimento l segue a fórmula de Knudsen

$$G_D = F \times \frac{4}{3}\ \frac{d}{l} \sqrt{\frac{g}{2\pi R_D T}} \left(P''_D - P_{DL}\right)$$

G_D — quantidade de vapor

F — secção
d — diâmetro
l — comprimento
} do capilar

g — intensidade da aceleração da gravidade

R_D — constante do gás
T — temperatura absoluta
} do solvente

P''_D — pressão parcial do solvente congelado

P_{DL} — pressão parcial do solvente na solução.

Balanço térmico

A transferência de calor e massa estão ligadas pelo balanço térmico.

a) *Sublimação*

Durante a fase de sublimação a taxa G da sublimação do gelo está limitada pela energia H fornecida. Pode ser expressa pela fórmula

$$G = \frac{H}{L}$$

H — taxa de energia da interfase

L — calor latente de sublimação

G — taxa de sublimação

O calor H_l transmitido através do leito congelado segue a fórmula de Fourier:

$$H_l = \frac{\lambda_l\ (T_s - T_i)}{d - x}$$

λ_l — coeficiente de condutividade térmica

T_s — temperatura da superfície de aquecimento

T_i — temperatura de interfase de sublimação

d — espessura total da amostra

x — espessura do leito seco

O calor H_2 transmitido através do leito seco segue a fórmula de Fourier

$$H_2 = \frac{\lambda_2 (T_b - T_i)}{x}$$

λ_2 — coeficiente de condutividade térmica na
T_b — temperatura da zona seca
T_i — temperatura de interfase de sublimação
x — espessura do leito seco.

A transferência de massa é dada pela fórmula de Knudsen

$$G_D = F \times \frac{4}{3} \times \frac{d}{l} \sqrt{\frac{g}{2 \pi R_D T}} (P''_D - P_{DL})$$

em que G_D representa, agora, a quantidade de vapor sublimado por unidade de tempo.

Geralmente o calor é transmitido através da zona seca. Desprezando o calor necessário para aumentar a temperatura da zona seca abaixo da temperatura da interfase, a taxa de sublimação é

$$G = \frac{H}{L} = \frac{\lambda_2 (T_b - T_i)}{L x} \qquad H = H_2$$

No equilíbrio todo o calor transmitido através do leito seco é utilizado para a sublimação. Neste caso

$$G_D = F \times \frac{4}{3} \times \frac{d}{l} \sqrt{\frac{g}{2 \pi R_D T}} (P''_D - P_{DL}) = \frac{\lambda_2 (T_b - T_i)}{L x}$$

Nesta fórmula é preciso substituir λ_2 por

$$\lambda_2 = \frac{1}{\frac{1-a}{\lambda_s (1-\psi) + \lambda_p \psi} + a \frac{1-\psi}{\lambda_s} + a \frac{\psi}{\lambda_p}}$$

e λ_p e Λ por

$$\lambda_p = \lambda_g = \frac{\lambda_{g_0}}{1 + 2 \frac{\Lambda}{d} \frac{2-\nu}{\nu}}$$

$$\Lambda = \frac{1}{\sqrt{2} \pi \delta^2 N}$$

Para demonstrar claramente como aproximar o problema, utilizam-se fórmulas simples. Com todo o rigor seria necessário utilizar a forma diferencial.

Apesar da escrita simplificada que se utilizou chegou-se a uma fórmula para a velocidade de sublimação muito complicada. Esperamos poder retomar o assunto mais tarde, em detalhe.

b) Desadsorção.

A operação de liofilização não termina no momenro em que a água congelada, sob a forma de gelo, tenha desaparecido por sublimação. Com efeito todo o produto retém por adsorção uma quantidade não desprezável de água, geralmente incompatível com uma boa conservação do produto. Esta água encontra-se no fim da sublimação fixada ao sólido sob qualquer das formas seguintes:

— filmes intercalares.
— bloqueada sob a forma de agrupamentos polares.
— fortemente fixado no estado molecular.

1) Eliminação da água de adsorção.

A água adsorvida, em virtude da sua baixa tensão de vapor elimina-se dificilmente. Geralmente, para a extrair, aplica-se tão ràpidamente quanto possível um duplo tratamento:

— aumento da temperatura até aos limites aceitáveis pelo produto seco.
— estabelecimento de um vazio elevado em torno do produto.

Deve estabelecer-se um compromisso porque o material seco, sendo poroso, comporta-se como um isolante térmico e um vazio muito elevado conduz a um gradiante de temperatura demasiadamente grande entre a superfície e o centro da substância. Para se obter uma desadsorção homogénea é necessário estabelecer uma temperatura tão uniforme quanto possível na massa do produto.

2) Grau de secagem.

No fim da secagem, logo que se possa considerar o produto seco, subsiste ainda, apesar de tudo uma certa quantidade de água fixada sobre a matéria sólida. É o que se chama humidade residual do produto. É geralmente expressa em

percentagem de gramas de água contidas em 100 g de produto. Esta água é doseada de diversas maneiras.

As diversas técnicas de medida dão resultados ligeiramente diferentes e deve-se precisar o método de medida empregue quando se fala de humidade residual.

Uma secagem elevada, mesmo de grande duração, não pode conduzir a uma humidade residual nula; convém pois escolher antes de qualquer operação de secagem a humidade desejada para o produto seco.

Diversos critérios intervêm nessa escolha:

— duração da conservação desejada para o produto. Um produto de humidade residual elevada terá uma conservação limitada.

— tipo de acondicionamento — a embalagem será perfeitamente estanque ao vapor de água?

— a conservação da vida — no caso da conservação de culturas de micro-organismos a secagem não deve ser excessiva.

— as leis que regem a venda de um ou outro produto.

— o factor económico tem sempre uma grande importância.

Deve estabelecer-se um compromisso entre uma secagem elevada mas cara e uma secagem menos elevada mas mais barata, que garanta no entanto uma conservação aceitável para o produto.

3 — Pode-se prever a duração da secagem final?

Em virtude da existência de diferentes tipos de água de adsorção, é muito difícil prever a duração da secagem final.

Na relação $G = \frac{H}{L}$ a energia L necessária para quebrar a ligação molecular água-matéria sólida é essencialmente variável. Depende do tipo de água considerado e do material ao qual está fixada essa água.

A água será pois eliminada progressivamente a velocidades diferentes, segundo as estruturas nas quais ela se encontra encaixada. Quanto menor a humidade residual mais difícil se torna a eliminação da água e finalmente chega-se a um grau de secagem correspondente a um equilíbrio (para um dado tipo de secador). É preciso assinalar que este equilíbrio leva muito tempo a estabelecer-se e, industrialmente, para-se a secagem bastante antes desse limite.

A complexidade dos fenómenos conjugados

— transferência de calor, transferência de massa e complexidade das estruturas.

— solução congelada e «soluto» poroso sólido não permite ainda calcular com exactidão os parâmetros de secagem tais como a temperatura das placas de aquecimento em função do tempo de secagem. Há que determinar estes parâmetros efectuando ensaios em instalações-piloto.

III) O DESENVOLVIMENTO DAS INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS DE LIOFILIZAÇÃO

História dos últimos cinco anos

As primeiras instalações industriais de liofilização na indústria alimentar são câmaras de vazio providas de placas de aquecimento e condensadores incorporados. Um écran metálico protege frequentemente o condensador das radiações das placas de aquecimento. Os produtos a liofilizar, congelados prèviamente, são espalhados sobre pratos metálicos.

Uma vez pousados os pratos sobre as placas de aquecimento fecha-se a câmara, procede-se à admissão do refrigerante no condensador e põem-se em funcionamento as bombas de vazio. Atingido o vazio necessário, começa-se a aquecer as placas de aquecimento; para evitar uma fusão do produto o aquecimento deverá ser regulado com precisão. Segundo a natureza do produto a duração da secagem estender-se-à de algumas horas a um dia inteiro.

As instalações industriais de liofilização são muito caras, o seu preço eleva-se a centenas de milhões de francos belgas (uma análise do preço de custo faz realçar que a amortização e os interesses bancários no investimento são muitas vezes os pontos mais importantes do valor citado).

Assim todo o industrial esforça-se não sòmente por reduzir a duração da secagem mas ainda por utilizar as suas instalações durante 24 horas por dia, 7 dias por semana, isto é mais de 7500 horas sobre as 8700 horas do ano.

As 1200 horas restantes são necessárias à conservação das instalações.

Os fabricantes de instalações muito conscientes do problema «duração da secagem» procuraram reduzir a duração ao mínimo estritamente possível. Separaram o condensador da câmara de vazio por uma válvula e juntaram um segundo conden-

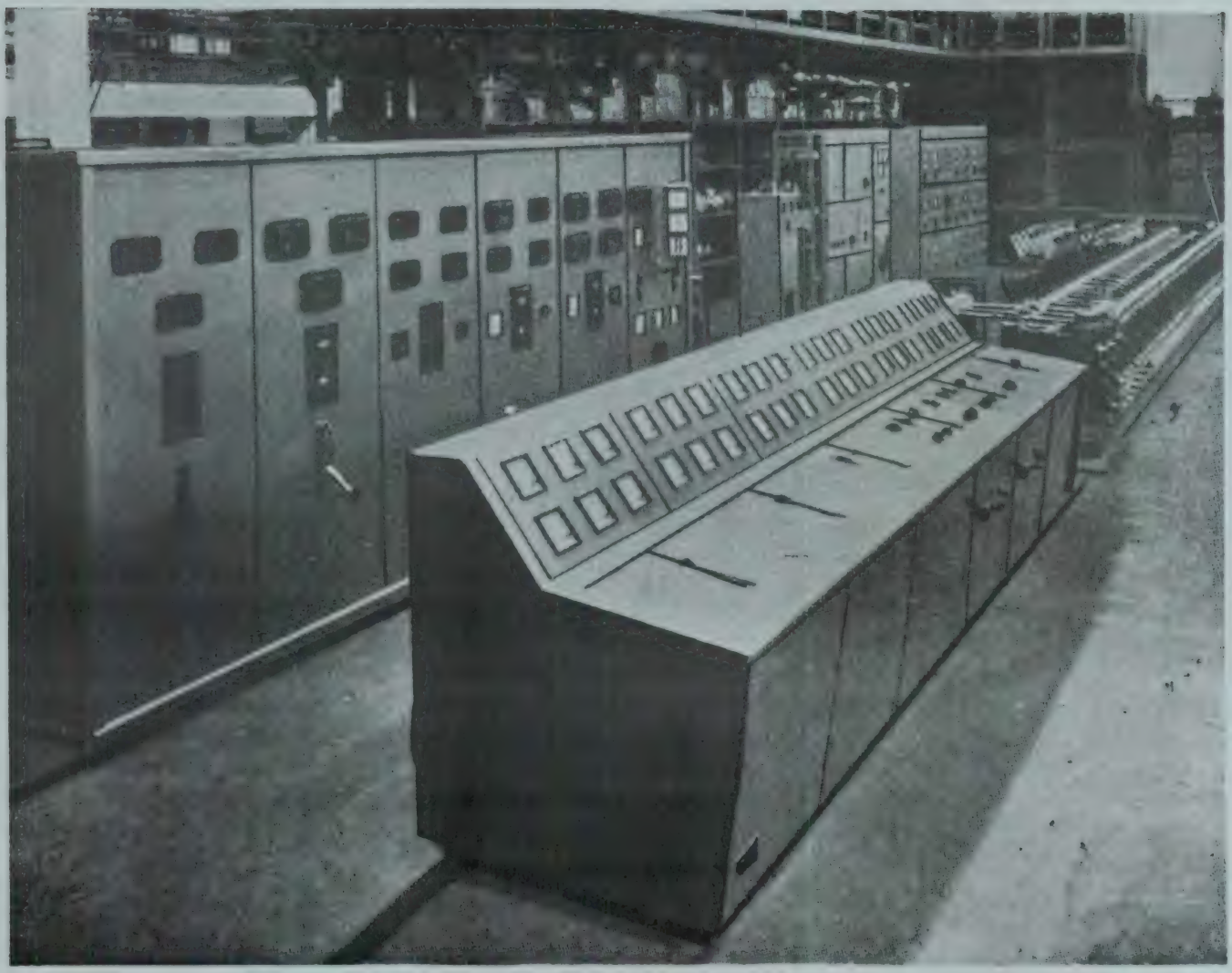
JAYME DA COSTA, L^DA

MECÂNICA E ELECTRICIDADE EM TODAS AS APLICAÇÕES ·

PORTO
Praça da Batalha, 12
Telef. 2 28 12 (PPC)

LISBOA
Rua dos Correeiros, 14
Telef. 32 70 35 (PPC)

LUANDA
Cx. Postal 5174
Telef. 4743

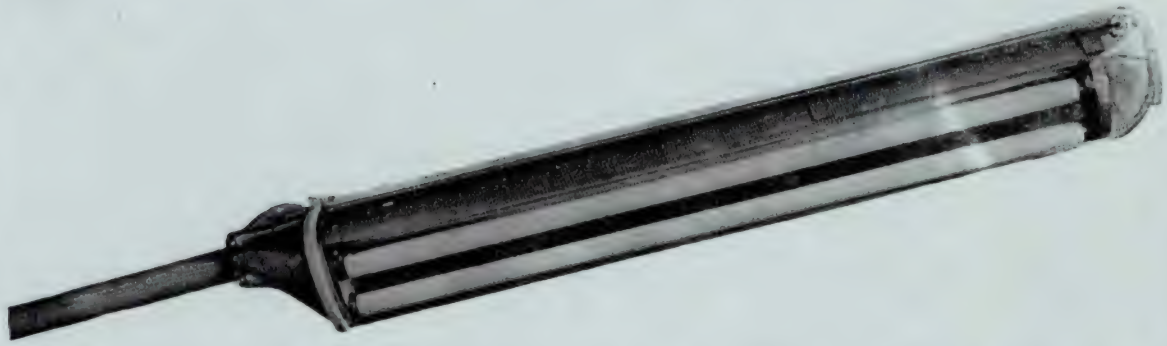


Material fabricado nas nossas oficinas, pronto para expedição

- Fabricação de aparelhagem eléctrica de alta e baixa tensão
- Equipamentos electromecânicos completos para centrais e fábricas
- Postos de transformação tipo monobloco
- Quadros blindados, capsulados e em armário
- Armaduras de iluminação de todos os tipos
- Contadores eléctricos e instrumentos de medida
- Telemedida e telecomando
- Instalações elevatórias de água
- Instalações de saneamento e esgotos
- Ferramentas de corte
- Motores Diesel industriais e marítimos
- Fogões eléctricos
- Frigoríficos
- Ventilação e condicionamento de ar
- Aparelhagem de Raios X e electromedicina

ARMADURA DE ILUMINAÇÃO

TIPO **GN**



1 — Armadura tipo GN para tubos fluorescentes, concebida para obter efeitos espectaculares.

2 — Lourenço Marques — Centro Cívico da Cidade.

CONSTRUÇÕES ELÉCTRICAS SCHRÉDER, LDA.

P. JOSÉ FONTANA, 25-3.º-ESQ. • TEL. 561001/2/3

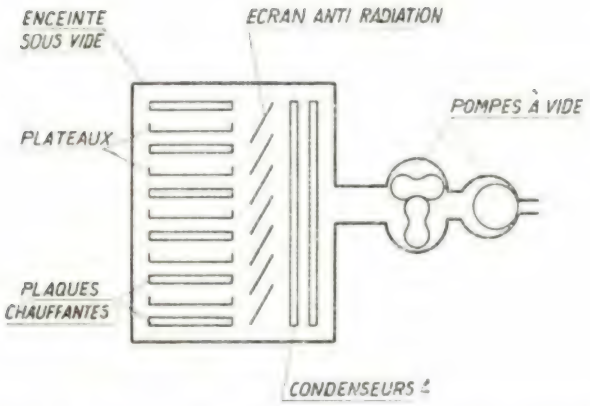


Fig. 3 — Instalação de liofilização com condensador incorporado.

sador (fig. 4). Esta disposição permite perto do fim da secagem quando o andamento da sublimação não é mais do que uma pequena fracção do andamento inicial, separar um dos condensadores da câmara e descongelá-lo. Uma vez seco e submetido a vazio é de novo ligado à camara e o outro condensador submetido às mesmas operações. No fim da sublimação ter-se-á pois os dois condensadores, muito pouco congelados, já prontos para uma nova carga.

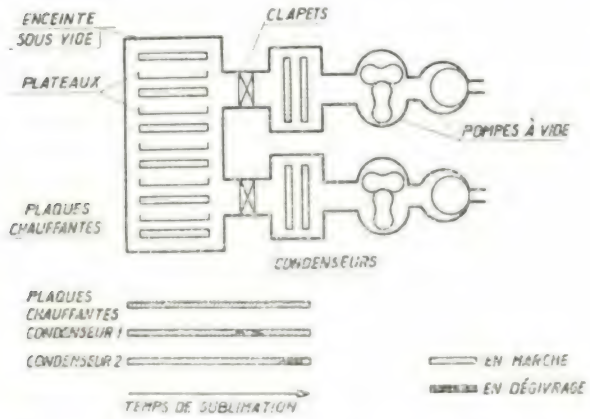


Fig. 4 — Instalação de liofilização com condensadores incorporados.

As 2 figuras acima mostram as instalações de liofilização clássicas. Já deram provas e são empregadas em larga escala na indústria alimentar e farmacêutica.

A fim de reduzir ao mínimo a mão de obra e o tempo de carga e descarga das câmaras, um construtor lançou no mercado uma instalação sob forma de túnel de fluxo semi-contínuo (fig. 5). Colocou no túnel vários condensadores e na secção de sublimação uma antecâmara de entrada com condensador e uma antecâmara de saída.

O condensador da antecâmara de entrada é descongelado após cada transferência de carro no túnel; os condensadores do túnel são sucessivamente descongelados.

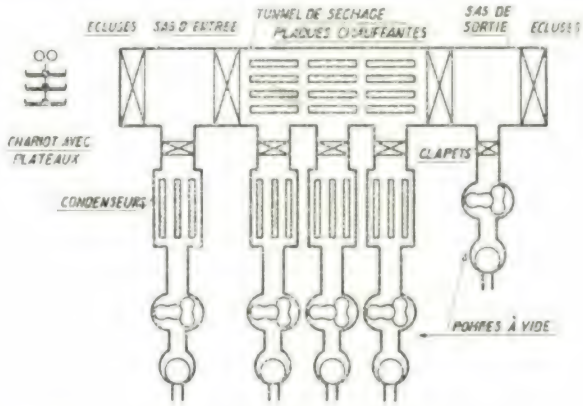


Fig. 5 — Instalação de liofilização em fluxo semi-contínuo.

Os pratos metálicos contendo o produto congelado são colocados sobre carros suspensos de um monocarril. Estes carros avançam em cadeia numa cadência escolhida.

O abrir e fechar das diversas portas funcionam automàticamente segundo um programa prédeterminado.

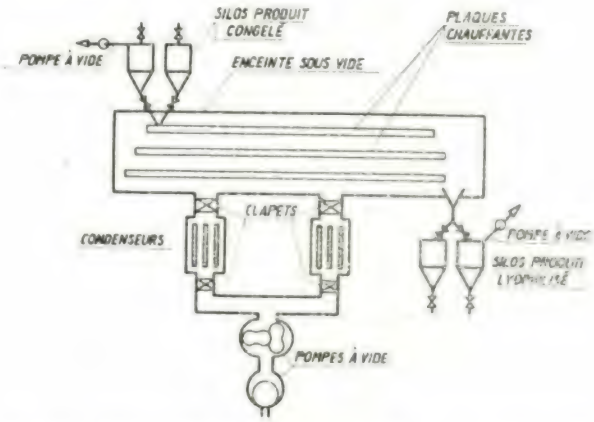


Fig. 6 — Instalação de liofilização em fluxo contínuo

Várias patentes foram registadas nestes últimos anos para aparelhos em fluxo contínuo (Fig. 6). Supõem todos um produto granulado que se deixa introduzir e retirar com facilidade do recinto sob vácuo. O produto granulado é espalhado em camada fina sobre um leito vibrante aquecido em diversas secções.

Os inventores realçam o facto de o tempo de sublimação ser reduzido de algumas horas a alguns minutos, isto é, acelerado 60 vezes.

Um outro aparelho de liofilização com fluxo contínuo parece ter sido bem sucedido (Fig. 7).

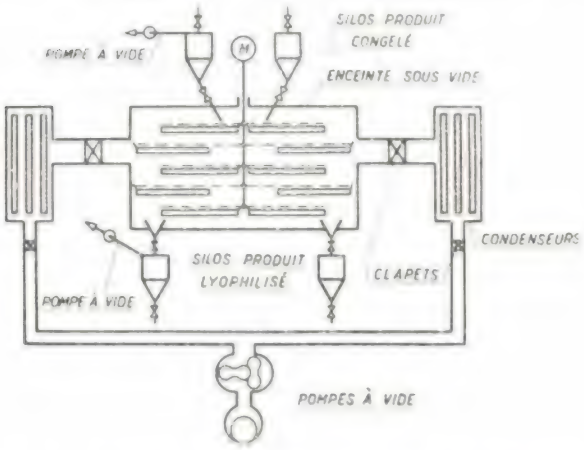


Fig. 7 — Instalação de liofilização em fluxo contínuo.

O produto reduzido a partículas é admitido alternadamente por cada um dos dois recipientes de entrada sobre uma placa superior circular de aquecimento. Um arrastador movido por uma árvore central arrasta o produto a secar do centro da placa superior para a periferia de onde o produto cai sobre a placa inferior de aquecimento. Um outro arrastador arrasta o produto para o centro. Daí ele cai por cavidade central sobre outra placa de aquecimento. Este processo repete-se várias vezes. Da última placa, 8.ª ou 10.ª por exemplo, o produto seco é arrastado para um dos dois recipientes de saída. Dois ou quatro condensadores são ligados à câmara de vazio que é de forma cilíndrica.

Nos liofilizadores de fluxo contínuo não existem pratos contendo o produto congelado; este é colocado directamente sobre as placas de aquecimento.

Elementos que constituem os liofilizadores industriais

Em princípio as instalações industriais de liofilização alimentar compõem-se das seguintes partes essenciais:

1) Placas de aquecimento
2) Pratos contendo o produto a secar
3) Condensadores para os vapores condensáveis
4) Câmara de vazio
5) Instalações frigoríficas
6) Bombas de vazio para os gases não condensáveis

1) *As placas de aquecimento*

Para as instalações industriais de liofilização o fluido de aquecimento pode ser vapor ou líquido.

O sistema de aquecimento a vapor de água permite obter fàcilmente placas de aquecimento isotérmicas. O ponto delicado está na recuperação do condensado. Em caso de avaria o perigo é tão grande que o condensado gela devido à presença do produto congelado.

Em virtude disso a maioria dos construtores escolheu um aquecimento por circulação de uma solução anti-congelante nas serpentinas. Mas com este sistema há fatalmente uma diferença de temperatura entre a entrada e a saída da solução anti-gélida nas serpentinas.

O aquecimento eléctrico por efeito de Joule não se aplica à liofilização industrial alimentar em virtude do custo elevado da energia eléctrica, mas é muitas vezes utilizado na liofilização de produtos farmacêuticos.

Fizeram-se importantes investigações no domínio do aquecimento por ondas hertzianas de elevadas frequências, não sòmente em instalações de liofilização descontínua mas também em fluxo contínuo. A vantagem desse processo reside em o calor necessário à sublimação ser criado pelo movimento atómico ou molecular no próprio produto. Na verdade esses esforços não foram coroados de êxito em virtude da secagem do produto se fazer de uma maneira irregular. A baixa pressão os campos eléctricos intensos provocam também fenómenos de ionização do gás. Vários aspectos do problema são aliás pouco conhecidos ou mesmo desconhecidos.

2) *Os pratos contendo o produto a secar.*

A forma dos pratos tem uma grande influência sobre o andamento de secagem porque é dentro deles que se dão os fenómenos de transferência de calor e de massa. Assim, a introdução de pratos com nervuras permitiu aumentar sensìvelmente o andamento da secagem dos produtos granulares.

Este gráfico, publicado pela 1.ª vez pelo Dr. Ortjen quando do último curso de liofilização

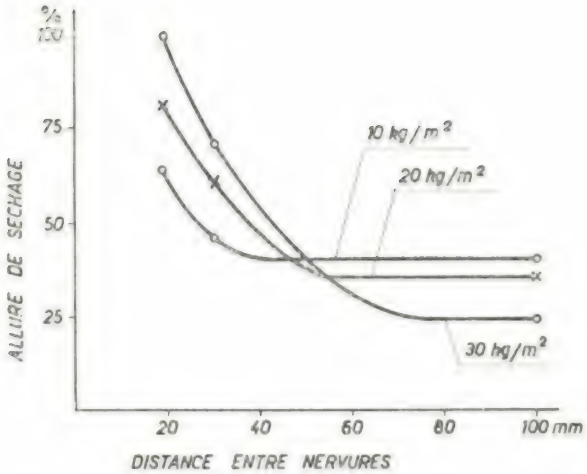


Fig. 8 — Andamento da secagem em função da distância entre nervuras.

levado a cabo em Dijon em 1966 sob a direcção do Prof. Rey, mostra o andamento de secagem em função das diferentes distâncias das nervuras.

Os pratos com nervuras são geralmente fabricados em perfilados de alumínio prensado. Graças à boa condutividade térmica deste metal a sua temperatura é pràticamente constante.

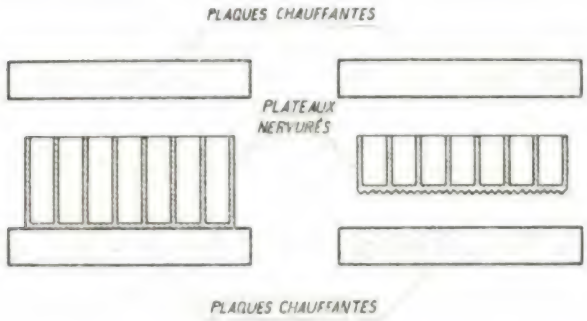


Fig. 9 — Cortes transversais dos pratos com nervuras.

Alguns fabricantes preferem os pratos com um fundo plano a fim de aumentar a transferência de calor entre as placas de aquecimento e os pratos por contacto.

Outros fabricantes guarnecem o fundo com ondulações a fim de aumentar a superfície de troca de calor, suspendendo o «chassis» entre as placas de aquecimento. Os vapores sublimados, ao deixar os pratos aumentar a transferência de calor por convecção.

O andamento de secagem fica muitas vezes dificultado pela resistência à transferência de massa. Por isso, um inventor envolveu os seus pratos numa camisa de rede de ferro fina que forma nas 2 extremidades chaminés de evacuação (figura 10).

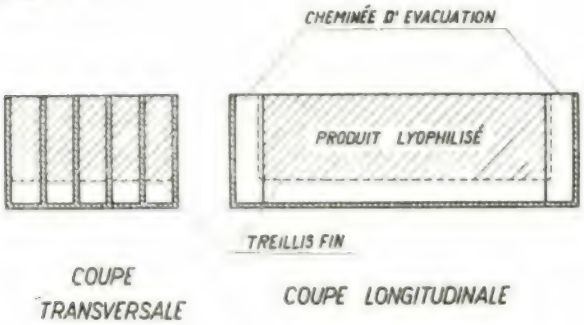


Fig. 10 — Prato com nervuras, com rede metálica (treillis).

Frequentemente empilham-se os pratos sobre «carros» que entram nas câmaras de secagem.

A fim de se poupar o custo de mão-de-obra, fazem-se automàticamente as seguintes operações:

— carga dos pratos com o produto a secar
— carga dos pratos, já com o produto nos carros
— descarga dos carros
— descarga do produto seco dos pratos
— lavagem dos pratos
— arrefecimento dos pratos antes de os carregar.

3) Condensadores

As transferências de calor e massa são pouco conhecidas. H. de Roissart e T. Laedrich, do Centre de Recherche Cryogenique, filial da Air Liquide, de Sassenage, Grenoble, apresentaram, quando do Curso de Liofilização em Dijon, em 1966, uma relação que permite avaliar a superfície necessária em função do tempo, para o parâmetro «diferença de temperatura entre a superfície de gelo sublimado e a parede do condensador». Recomenda-se uma diferença de temperatura de 20 a 25°C.

A liofilização requer muitas vezes temperaturas muito baixas, impostas em parte pelo ponto de congelação das soluções. Alguns produtos de consumo, sobretudo os sumos de frutas formam misturas eutéticas que não solidificam senão a temperaturas muito baixas.

Admitindo um ponto de congelação de — 30°C, uma diferença de temperatura de 10° C entre o gelo sublimado e o vapor «húmido», e uma diferença de temperatura de 20° C entre a superfície do gelo e o refrigerante, a temperatura do refrigerante no momento da evaporação será — 60° C.

Quando da liofilização alimentar, não só os vapores de água mas também os ácidos orgânicos sublimam muitas vezes e depositam-se sobre as paredes dos condensadores. No momento da descongelação que se faz geralmente a vapor, formam-se soluções quentes. Estas soluções são fortemente corrosivas e atacam as superfícies metálicas. Deve-se escolher portanto de preferência um aço inoxidável como material de construção.

A fim de tornar o funcionamento do condensador tão bom quanto possível o refrigerante líquido é retirado do reservatório com a ajuda de uma bomba de baixa pressão.

4) A câmara de vazio

A câmara de vazio não põe grandes problemas aos construtores.

As câmaras industriais de liofilização são geralmente providas de 2 portas. Isso permite carregar a câmara de liofilização directamente pela primeira porta da câmara fria na qual se efectua a congelação e, se possível, a granulação.

No domínio das baixas temperaturas o engenheiro tem de fazer frequentemente obra de pioneiro e não sòmente no que respeita a refrigeração e à construção de câmaras frias mas também para todo o equipamento mecânico e eléctrico que aí se encontra. Mencionamos sòmente os problemas de lubrificação, de instalação eléctrica, o facto de o aço e os polímeros correntes se tornarem muito frágeis à temperatura de — 50° C.

A 2.ª porta da câmara de liofilização abre-se sobre uma «câmara seca». Nessa «câmara seca» o produto geralmente muito higroscópico é descarregado dos pratos e procede-se aí frequentemente ao seu acondicionamento em embalagem hermética.

É oportuno colocar as máquinas de lavar os pratos e os «carros» entre as câmaras de entrada da câmara fria e da câmara seca.

5) Instalações frigoríficas

As instalações frigoríficas agrupam-se em unidades mais importantes a fim de:

— reduzir o investimento
— simplificar as instalações
— reduzir as despesas de conservação.

Assim, combinam-se as necessidades de liofilização, congelação e câmara fria.

Visto que é indispensável explorar continuamente as instalações de liofilização, é necessário escolher uma instalação de refrigeração segura e simples.

Mas a escolha depende também da legislação, do custo da energia, da disponibilidade da água fria e da capacidade da instalação.

Numa instalação de liofilização com uma câmara, processo descontínuo, a necessidade de frio é muito variável. Ela segue o andamento da secagem e ainda deve cobrir o arrefecimento dos condensadores após a descongelação. No que respeita à entalpia do vapor, ela compõe-se de:

— calores latentes de fusão e sublimação
— sobreaquecimento dos vapores sobre as placas de aquecimento.

Para uma instalação de pequena capacidade, escolhem-se compressores de êmbolo. A adaptação da capacidade às necessidades far-se-á:

— quer neutralizando os cilindros, por abertura das válvulas
— quer passando o refrigerante gasoso e quente directamente no recipiente de baixa pressão
— quer pelos 2 processos combinados.

A fim de eliminar as dificuldades de lubrificação a baixas temperaturas, adoptam-se compressores de êmbolos secos.

Para instalações de média e grande envergadura, que têm muitas vezes um regime mais equilibrado, escolher-se-á entre as instalações com turbo-compressores de Fréon (fig. 11) e as instalações de absorção de amoníaco.

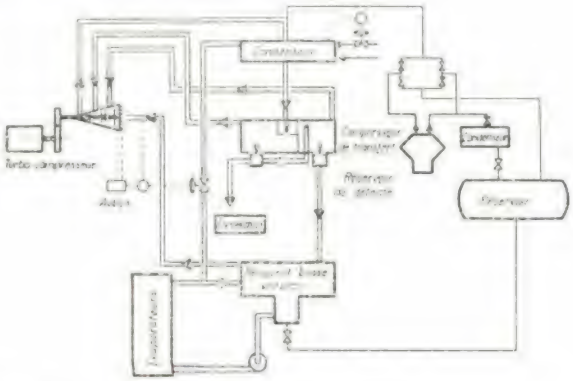


Fig. 11 — Instalação frigorífica com termocompressor, a F 22.

ELECTROTÉCNICOS
REUNIDOS Lda.
av. duque de ávila, 66-3º
lisboa
portugal

NOS
LABORATÓRIOS
SUBTERRÂNEOS DA
SKF UM CIENTISTA OCU-
POU-SE DURANTE ANOS A APER-
FEIÇOAR A MÁQUINA DESTINADA A RE-
VOLUCIONAR OS FUNDAMENTOS DA TECNOLOGIA
DOS ROLAMENTOS.

Se não parecemos preocupados, devíamos parecer. Este aparelho vai causar grande agitação entre aqueles que lidam com rolamentos e são muitas mais pessoas do que as que podemos imaginar. Este é o primeiro sistema que permite o controle do estado dum rolamento e que pode prever com certa antecedência uma futura avaria. Em primeiro lugar, vai ajudar o utilizador dos rolamentos, pois irá indicar quando e porque se devem substituir. Vai ajudar, também, os nossos concorrentes, pois os seus clientes podem avisá-los com uma certa antecedência de que vão ter que substituir um rolamento. Enfim, a manutenção preventiva atingiu uma nova era.

Se quer saber mais pormenores, informe-se na

SKF

LISBOA
PRAÇA DA ALEGRIA, 66-A TELEF.: 362301 TELEGR.: ESKAEF

PORTO
RUA DELFIM FERREIRA, 604 TELEF.: 692054 TELEGR.: ESKAEF

Os turbo-compressores de Fréon, com vários andares, serão accionados, quer por motores eléctricos, quer por turbinas a vapor com contra-pressão. Este último sistema permite economias apreciáveis, se se tiver uma utilização assegurada do vapor de descompressão para outros processos de fabrico.

A compressão do refrigerante faz-se em vários andares permitindo realizar ciclos termodinâmicos com uma eficiência interessante. A descompressão desde a alta pressão do condensador até à baixa pressão do recipiente, a baixa temperatura faz-se também em vários andares, sendo o refrigerante gasoso (flash) reincorporado nos andares apropriados do compressor.

Um dos inconvenientes dos turbo-compressores a Fréon (fig. 12) é a seguinte : a baixas capacidades têm sempre uma tendência para a fadiga. Por essa razão, acima duma certa carga uma quantidade do refrigerante gasoso é reciclado, o que implica uma diminuição de rendimento. Deste modo a potência absorvida varia segundo a necessidade (fig. 12).

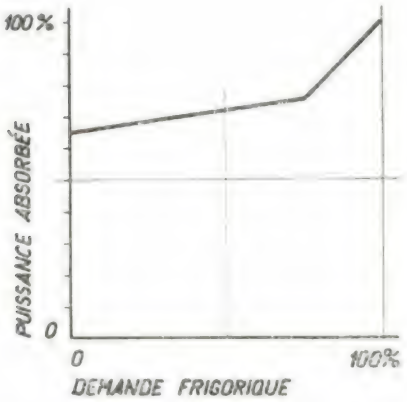


Fig. 12 — Potência absorvida na árvore do termocompressor em função das necessidades frigoríficas.

Uma variação na velocidade do funcionamento não é possível senão em proporções muito restritas porque as duas pressões de aspiração e de compressão dependem das temperaturas do refrigerante, no condensador e no evaporador.

As instalações de refrigeração mais flexíveis e fiáveis e que se tornam também econòmicamente interessantes são as instalações de absorção de amoníaco com caldeira directa (fig. 13). Uma firma alemã acaba de construir um protótipo sobre chassis amovíveis.

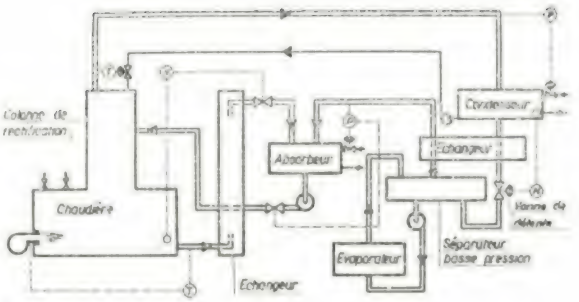


Fig. 13 — Instalação frigorífica de absorção de amoníaco.

A regulação da capacidade da instalação de refrigeração faz-se segundo o nível do refrigerante líquido no condensador. Se o nível do refrigerante baixa a válvula de escape fecha-se ; se, pelo contrário, há aumento de nível do refrigerante líquido a válvula de escape abre-se.

A pressão no separador ou, o que é equivalente, a temperatura da superfície do sublimante no condensador é controlada variando a admissão de água de arrefecimento no absorvedor. O mesmo aparelho de controle permite regular a quantidade da solução rica em amoníaco que é regeitada para a caldeira.

O nível da solução na caldeira é mantido regulando o regime da solução pobre em amoníaco aspirada para o absorvedor.

O queimador a petróleo da caldeira é regulado pela temperatura da solução pobre em amoníaco à saída da caldeira. A pressão do refrigerante gasoso é controlada regulando a admissão de água de refrigeração no condensador. A temperatura do amoníaco à saída da coluna e assim, indirectamente, a sua composição são controladas pela quantidade de refluxo retirado do condensador.

6) As bombas de vazio para os gases são condensáveis.

O volume dos gases não condensáveis a eliminar compreende em primeiro lugar os gases contidos no produto a liofilizar e em segundo lugar o ar aspirado através das fendas dos aparelhos.

O cálculo exacto das resistências dos aparelhos, válvulas, canalizações com fluxo de gases rarefeitos não é muitas vezes possível porque nos encontramos aí entre os regimes laminar e molecular. Ainda não se encontrou um modelo que se adapte a esse regime intermediário.

Para determinar as características das bombas a vazio procede-se de novo de uma maneira empírica.

As pressões na liofilização alimentar situam-se entre 0,05 e 1 Torr. Tendo em vista os débitos variáveis dos gases não condensáveis equipam-se geralmente as unidades de liofilização com bombas rotativas de sistema Roots, seguidas de bombas clássicas de balastro de ar.

A fim de evitar uma fusão do produto congelado, os ejectores de vapor serão instalados sobre a câmara de vazio e os condensadores. Esses ejectores permitem descer em poucos minutos a pressão a aproximadamente 30 Torr.

As partículas finas do produto a secar, obtidas por uma sublimação muito elevada adicionadas ao vapor de água e aos ácidos orgânicos podem formar uma mistura muito corrosiva que ataca as bombas de vazio. Uma vigilância suplementar e uma regeneração frequente dos lubrificantes tornam-se indispensáveis.

BIBLIOGRAFIA

EDWARD F. BLICK: Capillary — orifice Model for high – speed Flow though porous media I & EC Process Design and Development, Vol. 5, N.º 1, Jan. 1966.

D. V. CARDNER and J. D. HELLUMS: Simultaneous Heat and Mass Transfer in Laminar Free Convection With a Moving Interface, I & EC Fundamentals, Vol. 6, N.º 3, AUG 1967.

CARMAN: Flow of Gases Through Porous Media, 1956.

FRANÇOISE CHAUFFARD: Examen Microscopique de la Progression du Front de Sublimation dans les Solutions Congelées, Revue Générale du Froid, Août 1967.

F. M. DEVIENNE: Low Density Heat Transfer.

MERK HOBSON and GEORGE THODOS: Mass Transfer in the Flow of Liquids Through Granular Solids, Chemical Engineering Progress, AUG. 1949.

HEINZ - GERHARD KESSLER: Ueber die Einzelvorgänge des Wärme und Stoffaustausches bei der Sublimationstrocknung und deren Verknüpfungen, 1961.

HEINZ - GERHARD KESSLER: Wärme und Stoffaustausch bei der Gefriertrockung poriger Güter, Chemie-Ingenieur-Technik 34, 163-171 (1962).

O KRISCHER: Die Wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik (1963).

O. KRISCHER: Vorgänge der Stoffbewegung Durch Haufwerke und porige Güter bei Diffusion, Molekularbewegung sowie Laminaren und Turbulenzartiger Strömung, Chemie-Ingenieur-Technik, 34, N. 3 (1962).

H. MIKAMI, Y. ENDO and Y. TAKASHIMA: Heat Transfer From a Sphere to Rarefied Gas Mixtures, Int. J. Heat and Mass Transfer, Vol. 9, 1435-1448 (1966).

LOUIS REY: Freeze — Drying (1966).

LOUIS REY: Traité de Lyophilisation (1960).

LOUIS REY: Aspects Théoriques et Industriels de la Lyophilisation (1964).

LOUIS REY: Lyophilisation: Recherches et Applications Nouvelles (1966).

LOUIS REY: Progrès Récents en Lyophilisation (1962).

J. STRASSER, R. HEISS, P. GÖRLING: Der Wasserdampf-und Wärmetransport bei der Vakuum — Sublimationstrocknung im Hinblick auf einen technisch günstigen Ablauf des Prozesses, Kältetechnik Klimatisierung, Helf 8 (1966).

K. G. WARMAN: Development of a Freeze — Drying Process for Food (1968).

DOIS NOVOS AEROSÓIS PHILIPS

• DESENGORDURANTE E DE LIMPEZA
• PROTECTOR DE DESCARGAS

Estes novos protectores dos equipamentos electrónicos correspondem exactamente às exigências dos técnicos.

Aerosol Desengordurante e de Limpeza – para interruptores e comutadores telefónicos, aparelhagem de comando à distância, rádios, gravadores e o mais que possa imaginar. Solta a sujidade, atenua a corrosão e até elimina os silicones.

Aerosol Protector de descargas – na electrificação e montagem de circuitos em transformadores de néon ao ar livre, circuitos de alta tensão, condensadores, tubos de raios catódicos para TV, e outras aplicações. Isolador e resistente à humidade, permanece flexível mesmo sob condições adversas.

Estes são dois dos dez aerosóis que a Philips põe ao seu serviço para os mais diversos fins. Eis alguns deles:

Limpador de Contactos – Limpa, desoxida, protege da humidade e reduz o desgaste provocado pelas faíscas de rotura.

Congelador (0° Freeze) – É o localizador ideal das avarias intermitentes provocadas por efeito térmico.

Óleo Penetrante (Penflu) – Para separar sem esforço peças enferrujadas ou calcinadas.

Verniz Protector – Transparente e incolor é o protector ideal das influências atmosféricas e vapores corrosivos.

Tudo fabricado pela Philips – organização mundial que sabe, por experiência própria, tudo que é preciso para o equipamento electrónico dos nossos dias.

Visite qualquer Agente Philips no País e veja com olhos de ver, o que temos para lhe oferecer!

Aos

SERVIÇOS TÉCNICOS PHILIPS

OUTURELA – LISBOA 3

Queiram fazer o favor de me enviar o catálogo geral de Aerosóis Philips.

nome .....

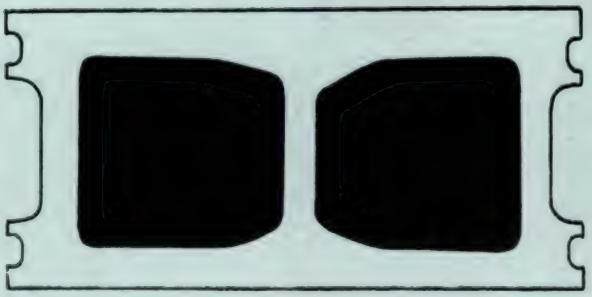
morada .....

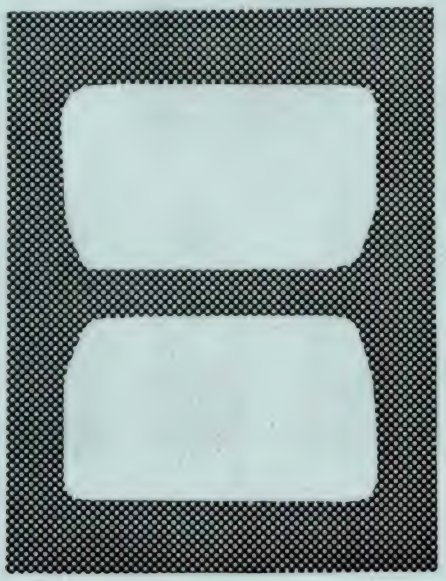
localidade .....

SERVIÇO

PHILIPS

BLOCOS DE CIMENTO LIZ





FABRICADOS SEGUNDO A TÉCNICA MAIS AVANÇADA, COM MÁQUINAS E MATÉRIAS-PRIMAS EXCEPCIONAIS.
UTILIZAM-SE EM TODOS OS TIPOS DE CONSTRUÇÃO.

UM PRODUTO DE ALTA QUALIDADE
DISTRIBUIDO PELA

EMPREZA DE CIMENTOS DE LEIRIA, S. A. R. L.

LISBOA - Telefones: 31 30 31 - 31 30 32 - 31 17 96 • PORTO - Telefones: 95 13 23/24

C. D. U. 512.8

FORMAS MATRICIAIS NO CÁLCULO DE AFINORES

por JOÃO REIS SIMÕES
Assistente I.S.T.

RESUMO

Adaptam-se às operações de transformação de componentes de um afinor em dois referenciais, as formas matriciais.

SYNOPSIS

Matrices forms are adapted to the operations of transformation of the componentes of an afinor in two basis.

1 — INTRODUÇÃO

Seja dado um afinor densidade Δ e peso p, densidade $|\Delta|$ e peso q, α vezes contravariante e β vezes covariante ($\alpha + \beta = \nu$), mum espaço vectorial topológico Σ_n;

Sejam ainda dados dois referenciais M_n e M'_n em Σ_n

A relação entre as n^ν componentes do afinor no referencial M_n e as n^ν componentes no referencial M'_n é a seguinte:

$$\rho\, \Delta'^{p} |\Delta'|^{q}{}^{\,i' \ldots r'}_{\ldots\ldots j' \ldots s'} = \Delta^{p} . |\Delta|^{q} . A^{\,i' \ldots r' j \ldots s}_{i \ldots r j' \ldots s'} . \rho\, \Delta^{p} |\Delta|^{q}{}^{\,i \ldots r}_{\ldots\ldots j . s}$$

em que se utilizou a convenção de Einstein para o somatório;

$A^{\alpha'}_{\alpha}$ e $A^{\beta}_{\beta'}$ representam os operadores diferenciais de transformação respectivamente contravariante e covariante, na passagem do referencial M_n para o referencial M'_n

Δ é o determinante de $A^{\alpha'}_{\alpha}$.

As componentes do afinor em M'_n são calculados uma a uma, explicitando o somatório, e substituindo os valores, o que torna bastante moroso o processo.

Propomo-nos adaptar a estas operações as formas matriciais, dadas as vantagens que advêm das propriedades do cálculo matricial.

2 — PRODUTO DIRECTO DE MATRIZES

Torna-se, para isso, necessário definir produto directo de matrizes.

Define-se produto directo das matrizes P (a, b) e Q (c, d), como a operação que produz a matriz R (a. c, b. d), e que simbolizaremos $\otimes$:

$$\underset{(a,b)}{[P]} \otimes \underset{(c,d)}{[Q]} = \underset{(a.b,c.d)}{[R]}$$

A operação efectua-se colocando na posição de cada elemento da primeira matriz, uma matriz que é o produto desse elemento pela segunda matriz.

O produto directo tem as seguintes propriedades:

— associatividade
— o elemento neutro à esquerda e à direita é a matriz unitária de ordem 1
— distributividade em relação à adição.

Atendendo a esta última propriedade, os elementos das matrizes podem pertencer ao corpo dos complexos.

3 — A FORMA MATRICIAL

A forma matricial única proposta é a seguinte:

$$\underset{(n^\nu,1)}{\left[\rho'\right]} = \Delta^{p} . |\Delta|^{q} . \underbrace{\left\{ \underset{(n,n)}{\left[A^{i'}_{i}\right]} \otimes \ldots \otimes \underset{(n,n)}{\left[A^{r'}_{r}\right]} \otimes \underset{(n,n)}{\left[A^{j}_{j'}\right]}^{T} \otimes \ldots \otimes \underset{(n,n)}{\left[A^{s}_{s'}\right]}^{T} \right\}}_{(n^\nu,\, n^\nu)} . \underset{(n^\nu,1)}{\left[\rho\right]}$$

em que:

$[\rho']$ e $[\rho]$ são as matrizes coluna de ordem $(n^v, 1)$, das n_v componentes do afinor nos referenciais M'_n e M_n respectivamente, sendo a sua disposição efectuada escrevendo sucessivamente por ordem crescente todos os números com v algarismos na base n, e que são os seus índices;
o termo entre chavetas é o produto directo das v matrizes representativas dos operadores diferenciais colocados pela mesma ordem que os índices no afinor, e sendo transpostas as relativas a índices covariantes;
a arrumação dos elementos das matrizes representativas dos operadores é efectuada associando o índice superior (α' ou β) à linha em que o elemento se encontra, e o índice inferior à coluna; os restantes produtos são o vulgar produto d matrizes.

4 — AGRADECIMENTO

Ao Prof. António Gouvêa Portela agradecem-se as críticas e conselhos acerca da expressão proposta, e da apresentação do artigo.

5 — BIBLIOGRAFIA

SCHOUTEN — Tensor Analysis for Physicits.
PORTELA, A. GOUVÊA — «Formas Matriciais em Problemas de Extremos» — Técnica n.º 325.
PORTELA, A. GOUVÊA — «Máquinas Alternativas» — 1.ª parte.

FEIRAS, CONFERÊNCIAS, EXPOSIÇÕES E CURSOS NO MUNDO

OBJECTIVO E PROGRAMA	LOCAL, DATAS, ORGANIZAÇÃO, INFORMAÇÕES
V Exposição Textil Internacional	Porto, 16-31 de Outubro-71 Associação Industrial Portuguesa
Feira Técnica da Química Aplicada	Barcelona, 17-25 de Outubro-71
Réunion du Groupe D'Experts du Transport de Denrées Périssables	Genève, 18-21 Outubro-71, ECE
Exposição da União Americana de Indústrias Metalúrgicas	Detroit 18-21 Outubro-71
EUROCON 71 Tema: A Informática nos Grandes Sistemas Comunicações a Longas Distâncias Circuitos Integrados Distribuição da Energia Eléctrica Técnicas Bio-Médicas Cronometragem Electrónica Aplicação e Controle de Computadores	24, Chemin de Bellerive, CH-1007 Lausanne, Suíça
9.º Congresso Nacional AFTPV (Associação Francesa de Técnicos da Indústria de Pinturas e Vernizes)	Versailles, 18-22 Outubro-71 Mr. Jacques Roire, 43, due Eichenberger, F-92-Puteaux, França
Reunion du Pusaing Group des Transcontainers	Paris, 19 Outubro-71, UIC
International Electronic Packaging and Production Conference and Exhibition (inter Nepcon)	Brighton, Sussex, 19-21 Outubro-71 P. Gordon Saville, Exhibition Consultant, 21, Victoria Road, Surbiton, Surrey, England

Plessey Automática Eléctrica Portuguesa
S. A. R. L.

Fabricante de Material Telefónico, Telecomunicações e Sinalização de Trânsito

Administração, Fábrica e Escritórios:

Avenida Infante D. Henrique, 333 — Lisboa
Telefone 31 31 71

Apartado 1060 — Telegramas: PLESSEY
TELEX 1190 PAEP P

DELEGAÇÕES:

Norte — Rua Gonçalo Cristóvão, 140 - 2.º Esq.
Porto — Telef. 3 39 26 - 38 01 38

Angola — Avenida General Carmona, 70/70 - A
Luanda - Angola — Caixa Postal 6853
Telefone 2 36 21

Moçambique — Rua da Electricidade, 4
Lourenço Marques - Moçambique
Caixa Postal 2686, Telefone 2 56 18

HIDREL

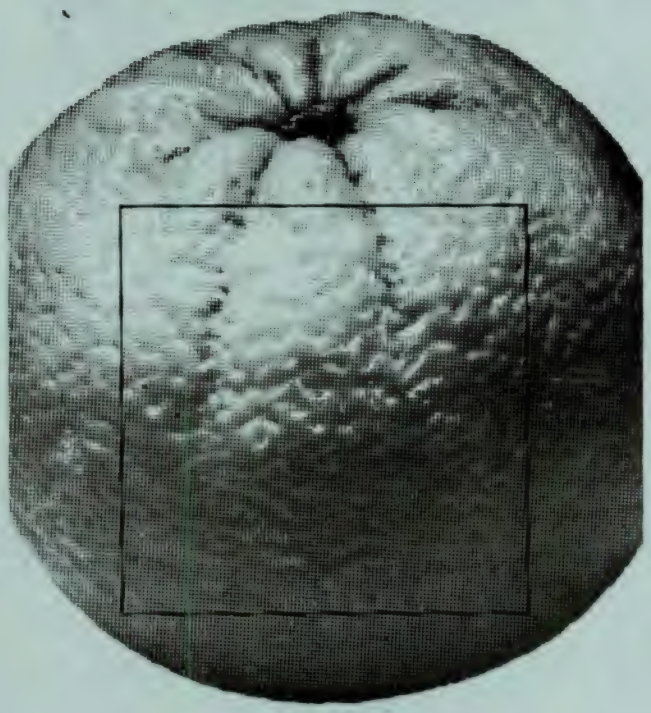
TÉCNICA DE HIDRÁULICA
E DE ELECTRICIDADE, LDA.

Grupos moto e electro-bomba
Grupos electro-bomba submersíveis
Grupos de eixo vertical «JOHNSTON»
Contadores para líquidos «LANGE»
Aparelhagem de medida «METRIMPEX»
Motores Eléctricos
Hidro-injectores
Válvulas e torneiras
Manómetros e Vacuómetros «HAENNI»
Rega por aspersão

ASSISTÊNCIA TÉCNICA

Rua do Alecrim, 47-A-B — Rua do Lumiar, 113
Telefs. 32 57 00 - 3 59 66 LISBOA Telef. 79 03 55

Há pinturas que não tardam a ficar como a casca de laranja



Também os "olhos de peixe" e as "crateras" prejudicam o aspecto das superfícies pintadas. Pela adição de

Oleos de Silicone Wacker

evitam-se tais danos.
Os Oleos de Silicone Wacker melhoram de modo decisivo o comportamento superficial das tintas e vernizes. Impedem a separação dos pigmentos e asseguram um espalhamento e uma secagem uniformes.
Como os chamados „Anti-Silicones", os Óleos de Silicone Wacker são adicionados às tintas de automóveis (para repintar) e impedem assim as dificuldades de espalhamento e de aderencia na pintura à pistola de superficies, que tenham sido tratadas com produtos de limpeza contendo silicones.
A Solução para Efeitos Martelados TRS serve para a preparação de tintas de efeito martelado com efeito estável.

Escreva-nos, por favor. Teremos o prazer de fornecer-lhe informações complementares.

WACKER-CHEMIE GMBH MÜNCHEN
Alemanha

Em Portugal:
Hoechst Portuguesa, Lda.
Avenida Sidónio Pais, 379 - Tel. 67051 - Porto
Avenida Duque d'Avila, 169-1 - Tel. 45141 - Lisboa

HOJE E SEMPRE... os aglomerados

ISOLA

- para isolamentos térmicos
acústicos
vibráticos

FAZEM PARTE INTEGRANTE
DA ARQUITECTURA MODERNA

Soc. Comercial de Isolamentos
de Cortiça, Lda.

AV. ANTÓNIO AUGUSTO DE AGUIAR, 17
LISBOA

Tel: 53 71 91 Teleg: Isola

VERLINDE

ACABA DE SER APRESENTADO O NOVO DIFERENCIAL MANUAL, MODELO **PHR**, EQUIPADO COM CORRENTES DE ALTA RESISTÊNCIA E CARACTERIZADO POR:

- DIMENSÕES E PESO REDUZIDOS
- CONSTRUÇÃO INTEIRAMENTE METÁLICA
- TRAVÃO PATENTEADO
- FABRICO EM GRANDE SÉRIE

Representantes em Portugal:

E. PINTO BASTO & C.ª, LDA.
Avenida 24 de Julho, 1 — Tel. 36 15 81 — 10 linhas — LISBOA-2

KENDALL, PINTO BASTO & C.ª, LDA.
Rua Nova da Alfândega, 7-12 — Tel. 2 84 21 — 7 linhas — PORTO

VIDA ESCOLAR E ASSOCIATIVA

C. D. U. 165

ISSUES IN HEURISTICS*

por LUÍS MONIZ PEREIRA
Centre for the Study of Cybernetics
Instituto Superior Técnico, Lisbon, Portugal

RESUMO

Em primeiro lugar, as caracteristicas essenciais dos métodos heuristicos são apresentadas e confrontadas com as dos métodos algoritmicos e fortuitos.

Em seguida, o raciocinio heuristico é posto em relação com a inferência inductiva, o reconhecimento de padrões activo, a resolução de problemas e a inteligência artificial em geral. Por fim, indicam-se algumas vias de investigação.

SYNOPSIS

First, the essential features of heuristic methods are presented and compared to those algorithmic and random ones. Second, heuristic reasoning is related to inductive inference, active pattern recognition, problem solving and artificial intelligence in general. To conclude, some lines of research are pointed out.

Human problem-solving behaviour relies much on the so called heuristic methods.

Given that our complex environment exhibits a certain regularity, it is wise of our species to profit from it. That regularity is imposed by its rules and entails that one may gain from using stored information for the solutioning of problems where that information is not given in the problem statment. This is the first distinction one may point out between heuristic and other well known methods: systematic (or algorithm like) and random (or chance)

When applyng these latter methods there is no need for prior information. (One could for instance play chess either way knowing only the rules of the game. A mechanical rat having thread a few mazes with some common property, will on the whole take less time if it explores a new maze heuristically than if it goes about it in a systematic or a randon fashion)

Besides having the power to use the environment's regularity (like using some overall property of a function when hill-climbing), there are several *other* reasons for the eventual excellency of heuristic methods:

b) first, they may yield approximate solution that are satisfactory in view of a certain permissiveness of the environment and of our demands (like in everyday life).

c) second, there may be no known or even unknown algorithms to apply.

d) third, even if there is one, it may not qualify to the pratical needs for economy of means or speed. Moreover, randon moves in tentative problem solving are usually poorly eficient and too risky

e) fourth, they may evolve through feedbacks incorporated in them (in contradistinction to the other methods).

Heuristics can be suggestively characterized by a mingling of systematic and chance methods. Indeed, it is characteristic of heuristic methods a selective attention focusing on «regions» of a problem (sub-statements, sub-problems, etc.) which are to be systematically dealt with, individuosly. Externally, it might seem as if arbitrary decisions are being made by those selections, although, actually, they are meeting some internal criteria. But, as we will see, there is a precise sense in which randomness does occur, for those criteria (and the degree to which they are to be met), can only be settled by other criteria (etc.), up to a level where arbitrary choice resolves the uncertainty. In this sense also, we may say that there is always a certain amount of trial-and-error in problem solving.

Because of this characterization we can regard heuristics as establishing a compromise between the more striking (antagonic) factures of both the other methods:

Systematic	*Chance*
Computationally reliable	Risky
Eficient	Non-eficient
Particular	General
Lengthy	Fast
Costly	Economic

Furthermore, systematic and random procedures are not but ideal ones, for even when applying an algorithm using a computer there is always an heuristic decision of why when and where it is to be applied. Similarly of random methods (this is probably why humans are not good random number generators at all).

For the sake of completeness, it remains to be said that problem finding or objective selecting is also

* Paper submitted to the VI th International Congress for Cybernetics, September 1970, Namur, Belgium.

guided by heuristic rules. The same applies (almost exclusively) to the appreciation of problem solvability before it is solved, and also to the case of giving up solving a problem along some line. Heuristic rules are once more present in the gathering of further data for an underspecified problem, or, on the contrary, they may remain responsable for the deleting of information in the case of redundant problem statements.

In order to gain some advantage from the regularity of the environment in which a given problem has a context, it is necessary to recognize in what ways profitable use can be made of information not given (explicitly) in the problem statement and which has been accumulated in memory. To do so entails the knowledge of (at least) how to accumulate it, what is meant by advantage and how to define and recognize the relevancy of information stored. («Can this questioning of the environment be profitably related to the notion of H-computability, where H is a set, in Turing machines theory?» might provide examples for what has been just said).

Another issue I would like to point out is the close relationship between heuristics and inductive reasoning.

Consider that we wished to infer from experience that «all crows are black».

We might go about it infering its logically equivalent formulation «all non-blacks are not crows». But then we could do it without even getting out of the room!

The point is we feel that maybe 500 instances of black crows will suffice, but not even 100,000 instances of non-black non-crows will do. Why?

Because we *already know* that crows exhibit a regularity, a consistency between themselves, which non-crows do not possess. It so happens that in the process of inductive inference we are making use of information not conveyed by the procedure used to tell crows from non-crows and blacks from non-blacks.

As Banerji points out in his introduction (1): «The phenomenon of generalization has received some attention from statisticians. Their studies seem to indicate that the number of tagged objects needed for establishing a degree of confidence in a description is strongly dependent on the usefulness of the features and the resulting simplicity of description».

The manner in which we select what information is relevant and the degree to the extent of which we have confidence in our sample of instances ar both generated heuristically, according to our own experience and in a way that does not guarantee certainty, but only the definition of confidence and the extent to which it is satisfied, which are, of course, adquired and up-dated with experience. (Heuristic induction is so important that we may postulate its legitimacy as in number theory). This acquisition and this up-dating is accomplished by the higher levels of the mainly heuristic type of hierarchy of learning processes, as I will suggest next.

It seems to me one can distinguish at least three stages in heuristic reasoning:

1 — recognizing or stating a problem.

2 — recognizing which methods are appliable according to some criterious qualities and degrees of appliability.

3 — carrying out the methods until certain criteria of solution attainement are satisfied, or, on the contrary, a certain measure of effort is surpassed, indicating to give up the problem or line of investigation.

Another stage might be present, in which the criteria, degrees and measures refered to are built up or reformulated. But the way this is done in a given instance is justified according to other criteria, degrees and measures which establish the pertinency of what is to be done. This way, we reach the notion of «hierarchy of heuristics», a hierarchy structured in a manner similar to control hierarchies [(2), (7)], (There is recent paper ou heuristics to generate heuristics in the game of poker, by Waterman (3)).

At the ultimate level of the hierarchy, however, a decision concerning the pertinancy of pertinencies etc., has to be made arbitrarily if that level is to be ultimate (see (4) and (5) for epistemological issues). This fact is a symptom of the necessity of trial-and-error in learning, whatever the level it must occur in.

Now, although we may state a problem in several ways, some of them make it amenable to readily recognized algorithms or heuristic rules. Clearly, the capacity to do so is closely linked to the problem of problem description, and to the general problem of pattern recognition. But the role of heuristics is specially important in *active* pattern recognition. By active is meant the generating of recognition hypothesis wich are to be confirmed or infirmed by some kind of search. Clearly enough, not only the hypothesis making but also the particular search made to test it (and the threshold of confirmation), can be heuristically generated and improved (hill-climbing techniques provide an example of this, in the sense that the steepest slope may be found by exploratory movements).

To provide a means for recognizing the inclusion of a problem in a problem-class we *might* rely on the evaluation of special functionals giving us a measure of *overall* properties expressed by the problem statement. A set of functionals permitting maps from one description space to another will have to be closely tied up to the languages of problem description, and it seems apparent that these languages, sooner or later, will have to be put forward axiomatically, along with the calculus pertinent to them.

Recent references to an axiomatic approach to artificial intelligence and problem solving (1) and (6).

A very useful heuristic can be the confrontation of two or more different problem-solving procedures which have not quite succeeded; their comparison may lead to a successfull solution method. But because it is unpredictable when or where that comparison should be made, it is useful to have all these procedures being computed at the same time so that percial results of one any be used by another. This leads to the notion of paralled computation [(8), (9)] and probably explains why most of the process of human heuristic reasoning is rather unconscious.

Heuristic procedures cannot properly be called algorithmic not only in the sense that not always do they provide a corret solution or even a solution, but also in the sense that they may include «dice-throwing» decisions along the way; besides, there is always an arbitrary choice decision at the beggining of the solution process at the top of the hierarchy.

The development of heuristic programming research comes after the early works of Thorndike and Köhler in animal problem solving and of Newell, Shaw and Simon in human problem solving and its simulation. To day, one can study computer problem solving by providing it with artificial environments and making it play games in them. A general and formal theory of problem solving seems to be on its way. The consequences will regard psychology, teaching, industry, business and war. As Norbert Wiener pointed out (10), human beings should be used for their greatest value: creativity. But who will be creative enough to predict the consequences of a machine-creativity revolution?

ACKNOWLEDGEMENTS

I wish to thank Prof. Gordon Pask of Brunel University, James Snell of M.I.T., and Luís Monteiro of our own Centre, for their uncomputable helpfull comments.

REFERENCES

1 — Banerji, R. Theory of Problem Solving», 1969 Elsevier Publ Co.
2 — Mesarovic, M. D.; Macko, D.; Takahar, Y. «Theory of multilevel hierarchical systems», 1970 Academic Press.
3 — Waterman, in 1-2, vol. 1, Artificial Intelligence Journal, 1970 Elsevier.
4 — Monod, J. «Le Hasard et la nécessité — essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne», 1970 Éditions du Seuil.
5 — Koestler, A. «The Ghost in the Machine», 1967 Hutchinson.
6 — Banerji, R.; Mesarovic, M. D. (editors) «Theoretical Aproaches to Non-numerical Problem Solving», 1970 Springer-Verlag.
7 — Leondes, C.; Mendel, J. «Artificial Intelligence Control» in Survey of Cybernetics, edited by J. Rose, 1969 Iliffe Books.
8 — Manna, Z. «Artificial Intelligence Journal», 1-2, vol. 1, 1970 Elsevier Publ. Co.
9 — Selfridge, O. «Pandemonium: a paradigm for learning», in The Mechanization of Thought Processes; H. M. S O. 1959.
10 — Wiener, N. «The human Use of Human Beings» 1954 Houghton Mifflin Co.

FEIRAS, CONFERÊNCIAS, EXPOSIÇÕES E CURSOS NO MUNDO

OBJECTIVO E PROGRAMA	LOCAL, DATAS, ORGANIZAÇÃO, INFORMAÇÕES
Simpósio Sobre Novas Aplicações Industriais de Polímeros	Bruxelas, 20-21 Outubro-71
ITEM — Feira de Máquinas-Ferramentas	Copenhaga, 20-24 Outubro-71
International Audio and Music Fair Equipamento de Reprodução Sonora	London, 21-26 Outubro-71 Iliffe Exhibitions Lim., Dorset House, Stamford St., London SE1, England
Feira da Construção	Belgrado, 22-31 Outubro-71
Feira Internacional	Osaka, 22 Outubro — 8 Novembro-71
ACI Convention	Buffalo, 30 Outubro — 5 Novembro-71 ACI, P.O. Box 4754, Redford Station 22 400, West Seven Mile Road, Detroit — Michigan 48 219, USA
Exposição Internacional de Plásticos	Chicago, 1-5 Novembro-71
Salon Professionel des Techniques Anti-Pollution	Grenoble, 6-11 Novembro-71 Alpexdo, 38-Grenoble, França
24 th Engineering Exhibition	London, 9-11 Novembro-71 — Engineering Industries Association, 3-7 Portman Square, London W1H OAE, Inglaterra

OBJECTIVO E PROGRAMA	LOCAL, DATAS, ORGANIZAÇÃO, INFORMAÇÕES
3rd European Powder Metallurgy Symposium Tema: Metalúrgia de Pós	Brighton, 9-12 Novembro-71 17 Belgrave Sq., London S. W. 1, Reino Unido
Europort-71 10.ª Exposição de Construções Marítimas, Construções de Motores e Instalação Portuária	Amesterdão, 9-13 Novembro-71
ELFACK-71 Feira da Electrotécnica	Gotemburgo, 9-14 Novembro-71
1.º Congresso Hispano-Luso de Informática Tema: Directrizes da Política Informática de um País em Desenvolvimento	Madrid, 10-12 Novembro-71 Secretaria Geral da Presidência do Conselho
Wirkung Zeit und Temperatur auf das Festigkeitsverhalten Von Werkstoffen und konstructionen Tema: Efeito do Tempo e da Temperatura Sobre a Resistência de Materiais	Berlin, 10-12 Novembro-71 Hakenstrasse 5, 46 Dortmund, Alemanha
Exposição Internacional das Indústrias de Máquinas para a Agricultura	Bolonha, 10-14 Novembro-71
Feira do Pacífico	Lima, Peru, 12-28 Novembro-71
Symposium Schmelzen und Erstarren Von Metallen Tema: Fusão e Solidificação	Frankfurt (Main), 15-16 Novembro-71 An der Alteburger Mühle 12, 5 Köln 51, Alemanha
Computers and the Quality of Life	Las Vegas, 15-18 Novembro-71 Mr. Ralph R. Wheeler, General Chairman, 1971 Fall Joint Computer Conference, P. O. Box 11 337, Palo Alto, Califórnia 94 306
Maquinaria de Embalagem	New Jersey, 15-18 Novembro-71
SAVROPAK-71 — Salão Internacional de Embalagem	Belgrado, 15-20 Novembro-71
International Building Exhibition	London, 17-27 Novembro-71 Building Trades Exhibition Limited, 11, Manchester Sq., London, W 1 M 5 AB, England
Western Construction Materials and Equipment Show	Vancouver, 18-20 Novembro-71 Mr. Nelson Groves, 2000 W. 12 th Av., Vancouver 9, B. C., Canadá
BATIMAT — Salão Internacional dos Materiais para a Construção Civil	Paris, 18-28 Novembro-71
Salão Internacional da Construção e das Indústrias Auxiliares	Paris, 18-28 Novembro-71 1, av. Niel. 75-Paris-17.e

Resumo dos artigos publicados na Técnica n.º 410

Ano XLVI — Julho 1971

DUARTE RAMOS — C. D. U. 671.315.611.017.143

Quantificação do fenómeno de descargas parciais em dieléctricos sólidos

Técnica No. 410 — XLVI — 7. 1971, pág. 533-540.

Após a definição das grandezas de quantificação das descargas parciais efectua-se a dedução da expressão que relaciona o número de fenómenos por período com a tensão aplicada, na hipótese do passo de descargas parciais ser igual à respectiva queda da tensão. Por fim critica-se a relação deduzida por meio das condições de inserção.

DUARTE SILVA
MARÇAL GRILO — C. D. U. 531.781.2.082.7

Calibração e utilização de extensómetros eléctricos

Técnica No. 410 — XLVI — 7. 1971, pág. 559-566.

Pretende-se neste artigo descrever como se podem calibrar extensómetros eléctricos determinando a sua sensibilidade, e por meio deles fazer a determinação das seguintes constantes elásticas de um aço macio: módulo de elasticidade, módulo de distorção e coeficiente de Poisson.

PERES RODRIGUES — C. D. U. 624.131.25 : 539.22
624.131.25 : 553.52

Anisotropia de granitos

Técnica No. 410 — XLVI — 7. 1971, pág. 541-550.

O presente trabalho refere-se, em primeiro lugar, à determinação experimental e definição analítica dos elipsóides dos módulos de elasticidade e das tensões de rotura, e suas correlações, de sete amostras de granitos provenientes de três locais distintos. Cada local foi caracterizado geològicamente pelos sistemas de diaclases e atitudes da encosta.
Na segunda parte do trabalho estabelecem-se, relativamente a cada local, correlações entre as características enunciadas, resultantes de observações em pequena e grande escalas num propósito de relacionamento de propriedades mecânicas e geológicas.
Os resultados obtidos são de molde a encorajar o prosseguimento de trabalhos desta natureza.

M. W. ROTHMAYR — C. D. U. 66.093 : 621

Liofilização

Técnica No. 410 — XLVI — 7. 1971, pág. 567-580.

Um primeiro capítulo é consagrado à natureza da liofilização, e às características e estruturas dos produtos submetidos a esse tratamento, mencionando o autor os aspectos técnicos e principais aplicações. Os outros dois capítulos tratam sucessivamente das condições físico-químicas da secagem no estado sólido, sob o ponto de vista de Engenharia Química, e do desenvolvimento das instalações industriais de liofilização, ao longo dos últimos anos.
Uma importante bibliografia completa este artigo bastante interessante.

MOURA ESTEVES — C. D. U. 550.837 3 : 627.82
624.131.25 : 627.82

Aplicação das cartas de resistividades eléctricas aparentes no estudo de locais de barragens

Técnica No. 410 — XLVI — 7. 1971, pág. 551-557.

Neste trabalho evidencia-se o interesse da aplicação da técnica geofísica das cartas de resistividades eléctricas aparentes no estudo de locais de barragens.
Ilustra-se o trabalho com três cartas de resistividades aparentes. Uma destas cartas pode ser comparada com um esboço geológico onde estão assinaladas as diversas rochas aflorantes nos taludes e na base das escavações abertas no maciço rochoso na zona da barragem. A cartografia geológica foi efectuada nos taludes dessas escavações, levadas até cerca de 20 metros de profundidade. Nos três exemplos apresentados verificou-se após as escavações que, duma forma geral, as previsões baseadas nas cartas de resistividades aparentes correspondiam ao estado em que se encontrava o maciço rochoso na zona prospectada.

REIS SIMÕES — C. D. U. 512.8

Formas matriciais no cálculo de afinores

Técnica No. 410 — XLVI — 7. 1971, pág. 581-582.

Adaptam-se às operações de transformação de componentes de um afinor em dois referenciais, as formas matriciais.

Synopsis of articles published in «Técnica» nº 410

XLVI – July 1971

Duarte Silva
Marçal Grilo

U. D. C. 531.781.2.082.7

Calibration and use of resistance strain gauges

Técnica No. 410 — XLVI — 7. 1971, pag. 559-566.

In this article it is intended to show how to calibrate resistance strain gauges by evaluating their normal sensibility factor. It is also the intention of this article to show to evaluate the Young's Modulus, Rigidity Modulus and the Poisson's Ratio for a model steel.

Duarte Ramos

U. D. C. 671.315.611.017.143

To calculate partial discharges in a void solid dielectrics

Técnica No. 410 — XLVI — 7. 1971, pag. 533-540.

We show some methods to calculate partial discharges. The relation between the number of partial discharges and the applied voltage is deduced under the assumption that the partial discharge path is equal to the voltage fall. That important equation is critised with the inception conditions.

M. W. Rothmayr

U. D. C. 66.093 : 621

Lyophilisation

Técnica No. 410 — XLVI — 7. 1971, pag. 567-580.

A first chapter is dealing with the nature of the lyophilisation, the characteristics and structure of the products submitted to this process: The author is mentioning the technical aspects of it and its main applications. The two other chapters will study physicochemical conside rations on the drying of the solid state at the point of view of the chemical engineering and the development of industrial plants of lyophilisation during the last years. An important bibliography is completing this very important and very interesting document.

Peres Rodrigues

U. D. C. 624.131.25 : 539.22
624.131.25: 553.52

Anysotropy of granites

Técnica No. 410 — XLVI — 7. 1971, pág. 541-550.

The first part of this paper describes the analytic definition of the anisotropy of granites, the experimental definition of the modulus of elasticity and ultimate strength ellipsoids, and their correlations. Seven samples of granite of three different locations were used to establish the ellipsoids. In the second part of the paper correlations are made between the ellipsoids and some of the geologic characteristics of each sample location. Each location was characterized by the orientations of its joint systems and natural slopes. The object of this study was to relate the mechanical rock properties to the geologic characteristics of each location. The results indicate that such an approach is promising.

Reis Simões

U. D. C. 512.8

Matrices forms in afinor calcul

Técnica No. 410 — XLVI — 7. 1971, pág. 581-582.

Matrices forms are adopted to the operations of transformation of the components of an afinor in two basis.

Moura Esteves

U. D. C. 550.837.3 : 627.82
624.131.25 : 627.82

Aplication of apparent electrical resistivity maps for dam site surveying

Técnica No. 410 — XLVI — 7. 1971, pág. 551-557.

This paper focuses the geophysical method using apparent electrical resistivity maps for dam site surveying.
The work is illustrated with three apparent resistivity maps. One of these maps can be compared with the geologic scheme on which are denoted the different rocks cropping out at the slopes and at the bottom of the excavations made in the rock mass at the site of dam. The geologic maps were plotted from data collected in the slopes of these excavations down to a depth of 20 m.
In the three examples that are presented it was found out that, as a rule, the predictions based on the apparent electrical resistivity maps were in agreement with the actual state of the rock mass as found after excavation in the prospected zone.

BIBLIOGRAFIA

Serão criticadas as obras cujo assunto esteja no âmbito da «Técnica» e de que nos sejam enviados dois exemplares.

As revistas recebidas na Redacção, de que se publica uma selecção de fichas de artigos ordenadas pela Classificação Decimal Universal, podem ser consultadas na Biblioteca da A.E.I.S.T.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. U. 382.15 : 656.2.033 : 621.798.12

Politiques suivies par les Chemins de Fer Nationaux du Japon em matière de trafic des marchandises, en particulier pour celui des containers — *Masashi Mashimato, Mitsuo Tamaki.*

Rail International, 2-971, vol. II, n.º 2, pág. 145-153.

C. D. U. 385.313 : 656.2.001.12

Le chemin de fer et ses problèmes d'avenir — *George Leber.*

Rail International, 3-971, Tomo 3, pág. 405-409.

C. D. U. 517.5 : 532

On the generalized orthogonality relation of P. A. Schiff. — *B. M. Nuller.*

P. M. M., vol. 33, n.º 2, pág. 364.

C. D. U. 517.5

Periodic solutions of certain nonlinear autonomus systems — *U. S. Nustrov.*

P. M. M., vol. 33, n.º 2, pág. 255.

C. D. U. 517.51 : 517.948

Une classe de fonctions multivoques — *Al. Climescu.*

Bul. Inst. Pol. Din IASI, 1970, vol. 16, n.º 1-2, pág. 1-4.

C. D. U. 517.514 : 531

Outer Dirichlet problem for a semi-infinite cylinder — *In. N. Kuz'Min.*

P. M. M., vol. 33, n.º 2, pág. 268.

C. D. U. 517.86 : 517.946.51

Quelques théorèmes dans le cadre d'une théorie unitaire des fonctions spéciales (I) — *D. Mangeron e outros.*

Bul. Inst. Pol. Din IASI, 1970, vol. 16, n.º 1-2, pág. 5-8.

C. D. U. 53 : 691.327.212
691.327.015

Propriétés des granulats naturels destinés au Béton — *Robert L'Hermite.*

Annales de L.I.B.T.P., 1-971, n.º 277, pág. 53-87.

C. D. U. 531 : 517.5

A modified criterion of instability of motion — *E. Dahlberg.*

P. M. M., vol. 33, n.º 2, pág. 244.

C. D. U. 531.3 : 517.5

An optimal terminal control problem — *Nguyen Than Bang.*

P. M. M., vol. 33, n.º 2, pág. 332.

C. D. U. 531.3 : 517.5

Qualitative investigation de an equation of the theory of phase automatic frequency control — *B. N. Skriabin.*

P. M. M., vol. 33, n.º 2, pag. 327.

C. D. U. 531.35 : 517.5

On a certain motion correction problem — *G. S. Shelement'ev.*

P. M. M., vol. 33, n.º 2, pág. 235.

C. D. U. 532 : 536

On the problem of an intense explosion at the boundary of a half — space containing a perfect gas — *L. V. Shurshalov.*

P. M. M, vol. 33, n.º 2, pág. 346.

C. D. U. 532.6 : 51 : 532.2

Equilibrium of a liquid film on a rotating sphere — *L. N. Maurin.*

P. M. M., vol. 33, n.º 1, pág. 146.

C. D. U. 532.7 : 517.5

Solution of diffusion — type problems for expanding or contracting regions — *G. A. Grinberg.*

P. M. M., vol. 33, n.º 2, pág. 251.

C. D. U. 532.7 : 517.5

Steady state motions in autonomous systems with a deviating argument — *L. D. Akulenko.*

P. M. M., vol. 33, n.º 2, pág. 324.

C. D. U. 534.01 : 532

The efects of viscosity and heat conductions with weak mach reflection — *G. P. Shindiapin.*

P. M. M., vol. 33, n.º 2, pág. 356.

C. D. U. 534.011 : 517.5

Comparison of results of an analysis of transient waves in shells and plates by elasticity theory and approximate theories — *U. K. Nigul.*

P. M. M., vol. 33, n.º 2, pág. 290.

C. D. U. 535.2

Perturbation of natural small vibration frequencies upon introduction of damping — *A. G. Ramm.*

P. M. M., vol. 33, n.º 2, pág. 315.

SOCIEDADE DE CONSTRUÇÕES

AMADEU GAUDÊNCIO

LIMITADA

SEDE — R. ALEXANDRE BRAGA, 4-A — LISBOA
Tel. 560051 — Telg. CONSTRUÇÃO
R. CASAL DO PEDRO, 7 — MASSARELOS — PORTO
Telefone 091245

Mais de 50 anos de experiência

CONSTRUÇÕES
CIVIS E INDUSTRIAIS
BETÃO
ARMADO E PRÉ-ESFORÇADO
CARPINTARIA
ESTUQUES
PINTURAS

SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada

(REGISTADO)

SERRALHARIAS,
CALDEIRARIA,
FERRARIA,
FUNDIÇÕES

ESCRITÓRIO

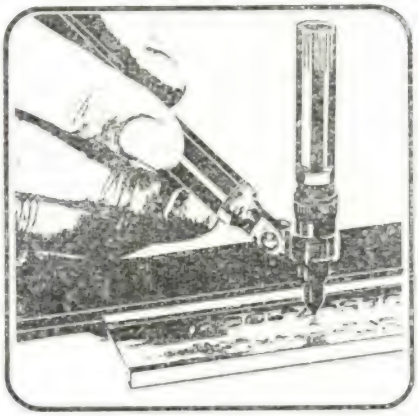
Rua de S. Tiago, 13

LISBOA

Telefone 861972

Fará tudo isto com a nova micronorm da rotring

Traçará conforme as normas



Legendará conforme as normas

Desenhos feitos em vários formatos diferentes poderão ter, depois de ampliados a partir de microfilmagens, a mesma escala e espessuras de traço rigorosamente idênticas. Porquê? Porque as larguras de traço micronorm têm entre elas a relação 1: √2 aquela que há entre os vários formatos de papel normalizado para desenho.

Corresponderá a todas as exigências da microfilmagem

Doravante poderá utilizar um só sistema rotring para traçar e legendar: o micronorm. Corresponde às novas normas alemãs DIN 15, 16 e 17, alínea preferencial 1, e conjuntamente com os escantilhões micronorm representa uma orientação para o futuro, por tomar em consideração a microfilmagem de desenhos.

Além disso, micronorm dá-lhe todas as garantias, como qualquer outro produto rotring: conformidade absoluta com as normas, nitidez rigorosa das linhas, ponteiras de duração longa, tubo de escrita rebaixado evitando que a tinta alastre por baixo das réguas, ponteiras permutáveis, sempre prontas para usar (vedação hermética das tampas).

rotring facilita o desenho

À venda nas casas da especialidade

CALCULAR...

...instantâneamente, silenciosamente, com economia e segurança.

...programa de calculadores electrónicos de CASIO COMPUTER, Co. LTD TÓKYO-JAPÃO

...diversos modelos com as mais evoluidas características para toda a espécie de cálculos.

Demonstrações sem compromisso

- 12 Modelos diferentes.
- 1 Programável.

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS
EFICEX KIENZLE
LISBOA: Av. João XXI, 4A tels 727028-727019

DISTRIBUIDORES NO NORTE
HORBE, LDA
PORTO: Rua Faria Guimarães, 105 - tel. 4 33 46

C. D. U. 534.2

Valores da radiação solar recebida em superfícies verticais orientadas, em Lourenço Marques — *Carlos Alberto Gonçalves.*

Publicação n.º 86 do L. E. M. M. S.

C. D. U. 535 375.5

La spectroscopie raman éclairée aux lasers — *M. R. Booth.*

Endeavour, 5-970, vol. 29, n.º 107, pág. 89-93.

C. D. U. 535.417 : 531.715.2

Las franges de moiré en physique — *Gerald Oster.*

Endeavour, 5-968, vol. 27, n.º 101, pág. 60.

C. D. U. 535.43

Diffusion de la lumière — *R. A. Smith.*

Endeavour, 5-970, vol. 29, n.º 107, pág. 71.

C. D. U. 536.23 : 517.5

Unsteady energy transfer from a radiating sphere in a medium with molecular heat conduction — *O. V. Voinov ; A. M. Golovin ; A. G. Petrov.*

P. M. M., vol. 33, n.º 3, pág. 352.

C. D. U. 537.3 : 517.5

Using the hodograph method to investigate nonlinear efects in plasmas — *O. M. Sapunkova.*

P. M. M , vol. 33, n.º 2, pág. 342.

C. D. U. 537.311 33 : 621.315.59

La transition métal-isolant — *Sir Nevill Mott.*

Endeavour. 9-967, vol. 26, n.º 99, pág. 155.

C. D. U. 538.56 : 517.5

Oscillations of systems with time-dependent parameters *I. I. Vul'Fson.*

P. M. M., vol. 33, n.º 2, pág. 317.

C. D. U. 539.14

Symétrie des particles — *P. T. Mathews.*

Endeavour, 5-967, vol. 26, n.º 98, pág. 63.

C. D. U. 539.194

Photo-ionization et structure électronique des molécules — *W. C. Price.*

Endeavour, 5-967, vol. 26, n.º 98, pág. 75.

C. D. U. 539.3 : 517.5

On a generalization of the method of elastic solutions — *D. L. Bynov ; V. A. Shachnev.*

P. M. M., vol. 33, n.º 2, pág. 272.

C. D. U. 539.3 : 517.5

Axisymmetric elastic properties of a spherical shell — *V. I. Feodos'ev.*

P. M. M., vol. 33, n.º 2, pág. 261.

C. D. U. 539.376 : 517.5

Linear problem of rotational oscillations of an elastically coupled rigid sphere in a viscous fluid, bounded by a concentric stationary sphere — *A. B. Ivanov.*

P. M. M., vol. 33, n.º 2, pág. 285.

C. D. U. 539.38 : 517.5

Equilibrium states of a cylindrical shell with initial deflections in compression — *L. M. Kurshin ; V. L. Prisekin.*

P. M. M., vol. 33, n.º 2, pág. 281.

C. D. U. 541.145

Flash photolysis — *A. B. Callear*

Endeavour, 1-67, vol. 26, n.º 97, pág. 9

C. D. U. 543.42

Atomic analysis in flames — *T. S. West.*

Endeavour, 1-69, vol. 26, n.º 97, pág. 44.

C. D. U. 546.27

Le bore et ses composés binaires réfractaires — *R. Thompson*

Endeavour, 1-70, vol. 29, n.º 106, pág. 34.

C. D. U. 546.33 — 14

Le sodium liquide — *C. C. Addison.*

Endeavour, 5-67, vol. 26, n.º 98, pág. 91.

C. D. U. 531.509.3 : 681.3

Prévisions météorologiques à l'aide de l'ordinateur — *B. J. Mason.*

Endeavour, 1-70, vol. 29, n.º 106, págs. 3-8.

C. D. U. 553.981 + 261.2

Le gaz de la mer du Nord — *T. F. Gaskell.*

Endeavour, 9-67, vol. 26, n.º 99, pág. 140.

C. D. U. 553.982.2 : 546.22

Géochimie des isotopes du soufre et études sur les pétroles du Moyen-Orient — *H. G. Thode e C. E. Rees.*

Endeavour, 1-970, vol. 29, n.º 106, pág. 24.

C. D. U. 621.313.323 : 621.926.54
621.926.54 — 83
621.926.54 — 523.8

Systeme d'entrainement et dispositif de regulation electronique du tube broyeur sans engrenages — *Herbert Stemmler.*

Revue Brown Boveri, 3-970, vol. 57, n.º 3, p. 121-129.

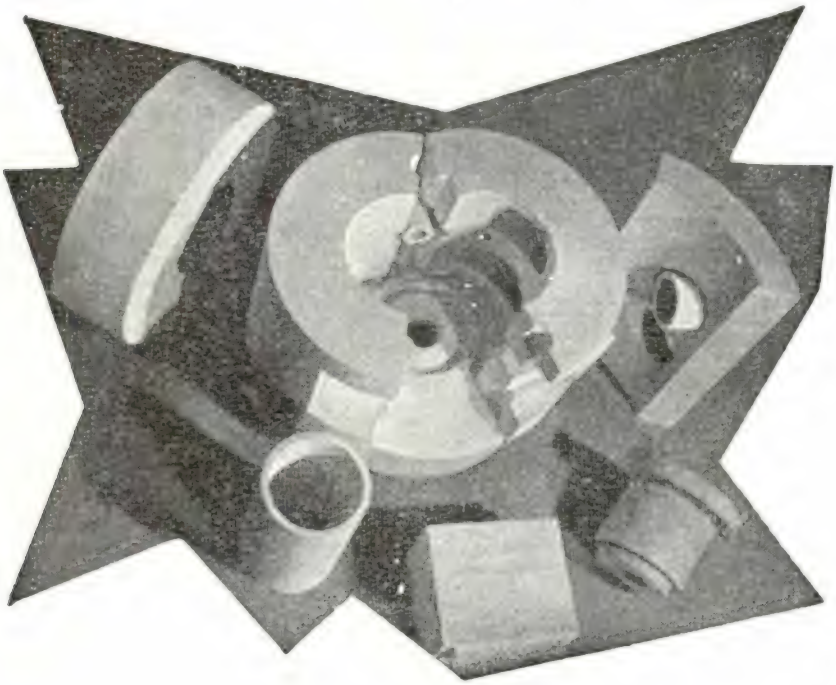
C. D. U. 621.313.32
621.313.3.044.53

Schemas équivalents de la machine synchrone pour le calcul des grandeurs de roue polarie en regime transitoire et lors du demarrage assynchrone. Deuxieme partie : Machine a pôles saillants — *Mauzaffer Canay.*

Revue Brown Boveri, 3-970, vol. 57, n.º 3, p. 135-145.

a técnica moderna emprega

BETÕES REFRACTÁRIOS



à base dos cimentos

FONDU LAFARGE

e

SECAR 250

porque são

práticos
eficientes
económicos

REFRACTÁRIOS ATE 1800° C

REFRACTÁRIOS ISOLANTES ATÉ 1700° C

Os nossos serviços técnicos, especializados, estão à vossa inteira disposição para estudar, sem qualquer encargo da vossa parte, a adaptação dos BETÕES REFRACTÁRIOS a todos os vossos problemas

AGUIAR & MELLO, L.DA

P. do Município, 13-1.º — LISBOA — Tel. 32 11 51/2

C. D. U. 621.313.322.013.8

Limiteurs de courant d'excitation dans les machines synchrones — *Wolfram Haller.*

Revue Brown Boveri, 2-970, vol. 57, n.° 2, pág. 60-65.

C. D. U. 621.313.323 : 621.926.54 : 666.94
621.926 54 — 83

Moteur synchrone annulaire de 6400 kw entraînant un tube broyeur de cimenterie — *Jakob Steinegger.*

Revue Brown Boveri, 3-970, vol. 57, n.° 3, p. 106-111.

C. D. U. 621.314.58 : 621.313.323 : 621.926.54
621.313.323:621.926.54
621.926.54 – 83

Alimentation par convertisseurs statiques de frequence des moteurs synchrones pour tubes broyeurs de cimenterie — *Jürgen Langer.*

Revue Brown Boveri, 3-970, vol. 57, n.° 3, p. 112-120.

C. D. U. 621.314.632 : 621.332 : 625 42 (493)

Les groupes transformateurs-redresseurs des sous--stations du métro de Bruxelles — *Abels J.-A. et Dormal F.*

Revue ACEC, 1970, n.° 2, pp. 3 à 12.

C. D. U. 621.314.632 : 621.382.233 : 621 33

Les hacheurs à thyristors en traction électrique — *Gouthiere J., Gregoire J. et Hologne H.*

Revue ACEC, 1970, n.° 2, pp. 45 à 67.

C. D. U. 621.315.029.6 : 621 372.8

Transmission de l'énergie micro-onde — *A. L. Cullon.*

Endeavour, 5-970, vol. 29, n.° 107, pág. 55.

C. D. U. 621.316.7 : 517.5

Dynamic characteristics of an electromagnetically driven trigger regulator — *L. A. Komraz.*

P. M. M., 20-6-968, vol. 33, n.° 2, pág. 309.

C. D. U. 621.316.37 : 621.926.54-83

L'appareillage de couplage. Dispositif de protection et auxiliaire du tube broyeur sans engrenages — *Ernst Blaügnstein.*

Revue Brown Boveri, 3-970, vol. 57, n° 3, pág. 130--134.

C. D. U. 621.317.7 : 681.32 : 676.2.052

Dispositivos de medicion digitales para máquinas de papel — *Klaus Ulrich.*

AEG Telefunken Al Dia, 1970, n.° 2, pág. 59-61.

C. D. U. 621.337.4

La commande automatique des trains par dispositif de «vitesse imposée» — *Gregoire J. et Lebrun J.*

Revue ACEC, 1970, n.° 2, pág. 23-34.

C. D. U. 621.384.665

Anneaux de stockage sécants du CERN — *M. J. Peutz.*

Endeavour, 9-970, vol. 26, n.° 99, pág 126.

C. D. U. 621.396.62

Mesures pouvant être appliquées à l'émission pour améliorer reception en radiodiffusion — *Hans Neck.*

Rev. Brown Boveri, 2-970, vol. 57, n.° 2, pág. 66 71.

C. D. U. 621.396.945 : 624.19 : 621.396.931

Radio-comunication en frecuencia ultra-corta en tuneles — *Alfred Plischke.*

AEG-Telefunken al dia, 1970, n.° 2, pág. 63-70.

C. D. U. 621.397.6

Enregistrement et reproduction électronique vidéo (EVR) — *Francis Mc Lean.*

Endeavour, 1-970, vol. 29, n.° 106, pág. 18-23.

C. D. U. 621.455 : 629.19

Rocket propulsion and space research — *Sir Robert Cockburn.*

Endeavour, 1-967, vol. 26, n° 97, pág. 21.

C. D. U. 621.762.4.045

Isostatic compaction *Johansson, R.*

ASEA Revue, 1970, vol. 43, n.° 1, pág. 7-10.
ASEA Journal, 1970, vol. 43, n.° 6, pág. 115-118.

C. D. U. 621 771.06.016.3 — 83 : 621.313.13-523

Regulacion de accionamientos gemelos en trenes de laminacion en frio — *Berhard Schoele.*

AEG Telefunken Al Dia, 1970, n.° 2, pág. 61-63.

C. D. U. 621.798.12-974

Les containers sous contrôle de température — *P. Cresti.*

Rail International, 2-971, vol. 2, n.° 2, pág. 219-230.

C. D. U. 621.873 : 621.869.888

Container handling cranes — *Neale, P.*

ASEA Revue, 1970, vol. 43, n.° 1, pág. 3-6.
ASEA Journal, 1970, vol. 43, n.° 6, pág. 111.

C. D. U. 621.926.54 : 666.94
621.926.54-83

Le premier equipement d'entrainement de tube broyeur sans engrenages — *Ernest Blaüenstein.*

Revue Brown Boveri, 3-970, vol. 57, n.° 3, pág. 96--105.

C. D. U. 624 04

Le complexe d'échange de la porte de Bagneolet — *M. Chapsal; M. Chassande; M. de Gouy; M. Renault; M. Richard.*

Annales de L'Inst. Tech. du Batiment et de T. Publ. 1-971, n.° 277.

C. D. U. 624.131.25 : 622.233.5

Desmonte rochoso a fogo — *José Moreira Torres.*

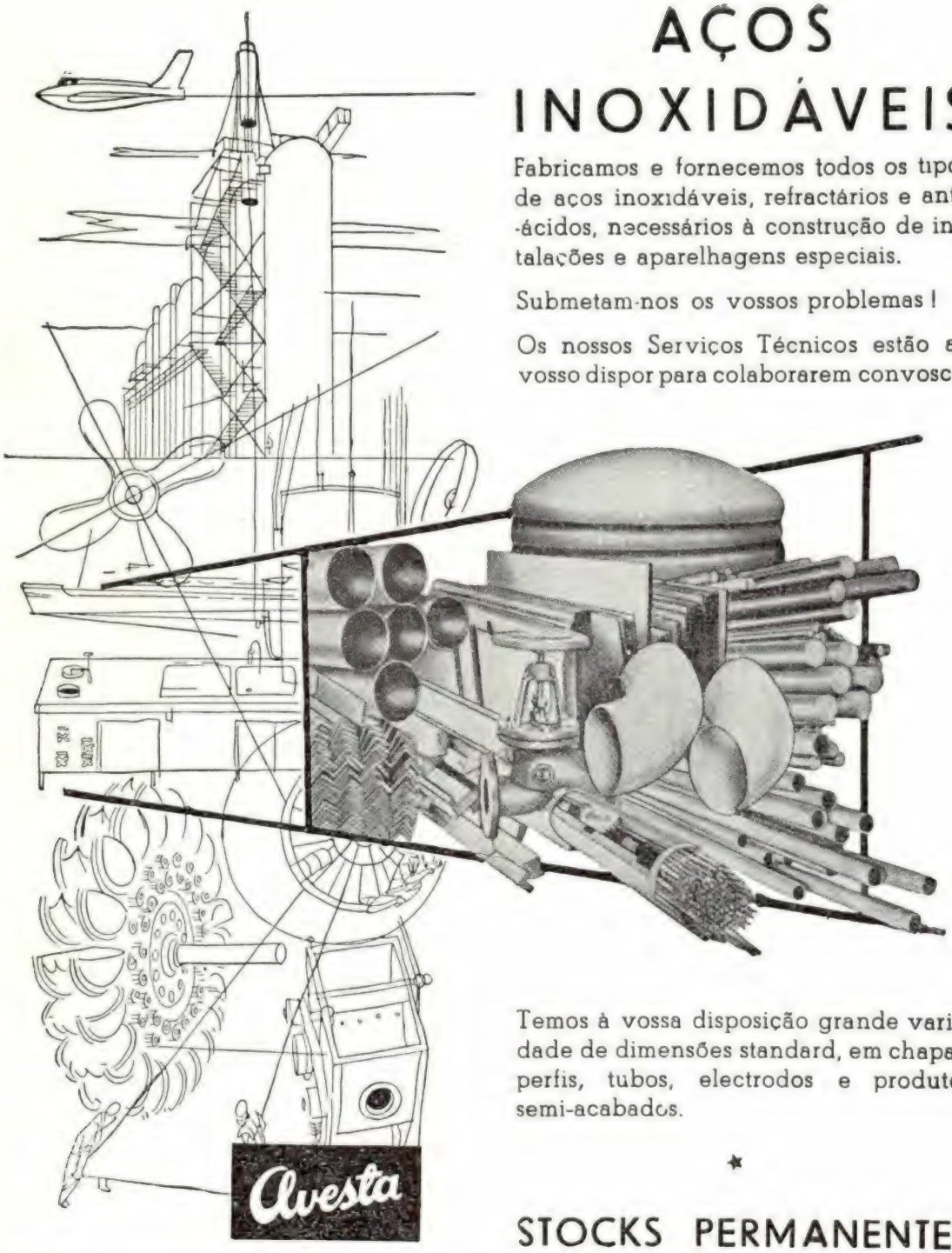
Rev. da Escola de Minas, 5-971, vol. 24, n.° 1, pág. 13-23.

AÇOS INOXIDÁVEIS

Fabricamos e fornecemos todos os tipos de aços inoxidáveis, refractários e anti-ácidos, necessários à construção de instalações e aparelhagens especiais.

Submetam-nos os vossos problemas!

Os nossos Serviços Técnicos estão ao vosso dispor para colaborarem convosco.



Temos à vossa disposição grande variedade de dimensões standard, em chapas, perfis, tubos, electrodos e produtos semi-acabados.

★

STOCKS PERMANENTES

AVESTA JERNVERKS AKTIEBOLAG
AVESTA — SUÉCIA

Representantes Exclusivos para Portugal e Ultramar:

A. JOHNSON & Co (PORTUGAL), L.DA

SEDE EM LISBOA:
Praça José Fontana, 11-1.º
Telef. 537015-537016-537017-537018

FILIAL NO PORTO:
R. Dr. António Granjo, 160/168
Telef. 5 4666

C. D. U. 625.1/5 : 65.011.56 : 681.323

Étude de l'exploitation ferroviaire au moyen d'un modèel de simulation — *W. K. Minger e outros.*

Rail International, 4-970, vol. 1, n.º 4, pág. 259-263.

C. D. U. 625.241/242 : 656.2.073.2 (47)

Développement des wagons tout usage et des wagons spécialisés adaptés au chargement et au déchargement mécanisés des marchandises sur les chemins de fer de l'URSS — *A. A. Dolmatar.*

Rail International, 2-971, vol. 2, n.º 2, pág. 215-218.

C. D. U. 625.243.5 : 621.798.12 (Intercontainer)

Le wagon porte-containers d'Intercontainer — *E. Ritossa.*

Rail International, 3-971, n.º 3, pág. 401-404.

C. D. U. 625.41 : 621.798.12

Conception structurale de nouveaux wagons pour le transport de containers — *W. Stelter.*

Rail International, 2-971, vol. 2, n.º 2, pág. 205-214.

C. D. U. 625.7 8

Construção de estradas em áreas subdesenvolvidas — *William R. Seestrom.*

Boletim dos Servicos Cartográficos do Exército, Set Out-970, vol. 5, n.º 30.

C. D. U. 632.954 : 547.823

The quaternary salts of bipyridil-a new agricultural tool — *W. R. Boon*

Endeavour, 1-967, vol 31, n.º 97, pág 27

C. D. U. 65.012.2 : 681.323 : 65.011.56

Étude d'une planification à long terme par la simulation — *Takeshi Oku e Hiroyuki Tsukamoto.*

Rail International, 4-970, vol. 1, n.º 4, pág. 263-268

C. D. U. 656.1/6.073 (410) : 656.2.073.23 : 621 798.12

Le rôle des terminaux dans les transports par containers. Cas particulier des réalisations effectuées en Grande-Bretagne — *J. Posner.*

Rail International, 3-971, n.º 3, pág 345-364.

C. D. U. 656.2.033 : 656.2.033.008 : 621.798.12

Aspects concernant l'économie et l'organisation des transports par fer au mayen des grands containers — *Mauro Ferreté; Renato Pierattini.*

Rail International, 2-971, n.º 2, pág. 133-144.

C. D. U. 656.2.033 (44) : 621.798.12 : 621.8

Aménagement des gares terminales pour containers et équipements de manutention — *L. Verdon; R. Rousse.*

Rail International, 3-971, n.º 3, pág. 365-399

C. D. U. 656.2.033 (47)

Organisation du trafic marchandises sur les Chemins de fer de l'Union des Républiques Socialistes Soviétiques — *K. A. Berngard.*

Rail International, 2-971, vol. 2, n.º 2, pág. 155-168.

C. D. U. 656.2.073.235

Configuration des chantiers ferroviaires de transbordement des containers en function du tipe d'exploitation, de la technique de manutention et du mode de transport complémentaire — *H. Delvendahl; H. J. Schwaner; L. Sjöholm.*

Rail International, 2-971, vol. 2, n.º 2, pág. 169-194.

C. D. U. 666.1.03 : 331.875 : 621.34 (437)

L'automatisme en glacerie de type «float» — *Stinglhamber Ph.*

ACEC Revue, 1970, n.º 3-4, pág. 29-34.

C. D. U. 681.142 : 523.8

Contrôle par un ordinateur d'une gare terminale intermodale — *R. H. Wiersema.*

Rail International, 2-2-1971, vol. 2, n.º 2, págs. 195-204.

C. D. U. 681.3 : 656.1.053 : 624.19 (493)

Surveillance automatique et gestion du trafic automobile dans les ouvrages d'art. — *Marechal G.*

Revue ACEC n.º 3-4 - 1970 : pp. 35 à 43.

C. D. U. 681.3 : 677.521.05

Computer control of glass fibre manufacture at Gullfiber AB, Billerhchm ,Swecden — *A. Thomsen e Josefsson, K.*

Journal ASEA, 1970, vol. 43, tomo 6, pág. 123.

ASEA Revue 43, n.º 1, 1970, págs. 15-18.

C. D. U. 681.3.07 : 541.41

L'enregistrement et la restituition par les ordinateurs des renseignements sur les structures chimiques — *Michael F. Lynch.*

Endeavour, 5-68, vol. 27 n.º 101, pág. 69.

C. D. U. 691 : 72

Arquitectura de hormigón : la obra de su precusor y la de algunos más eminentes propulsores — *Juan Agustin Valle.*

10-70, tomo 439, págs. 1009-1024.

C. D. U. 691.327 : 539.411

Sobre la comprobación y el control de la resistencia del hormigón — *P. Mendizábal.*

Cemento Hormigón, 9-970, n.º 438, pág. 911-920.

C. D. U. 691.544.4

«Cemento Ferrari» y «Cemento ferropuzolánico» — *Fabio Ferrari.*

Cemento Hormigón, 10-970, n.º 439, pág. 980-999

C. D. U. 691.544.41

Las propriedades puzolánicas de la piedra pómez volcánica del pre-Pirineo gerundense y sus possibilidades industriales — *Arturo Rebollo.*

Cemento Hormigón, 8-970, n.º 437, pág. 765-778.

C. D. U. 711.75 : 656.2.021 : 65.012.1.001.57

Étude de simulation pour la détermination d'un modèle de service de transport rapide dans les zones urbaines — *M. Miyata; N. Ozeki.*

Rail International, 2-971, vol. 2, n.º 2, pág. 231-236.

MEXIA HEITOR E BRASÃO FARINHA

TABELAS PARA O CÁLCULO DO BETÃO ARMADO

TECNICA
revista da associação dos estudantes do Instituto Superior Técnico
LISBOA

FUNDAÇÕES
ESPECIAIS

JOHANN KELLER
CASCAIS

TOPOGRAFIA GERAL

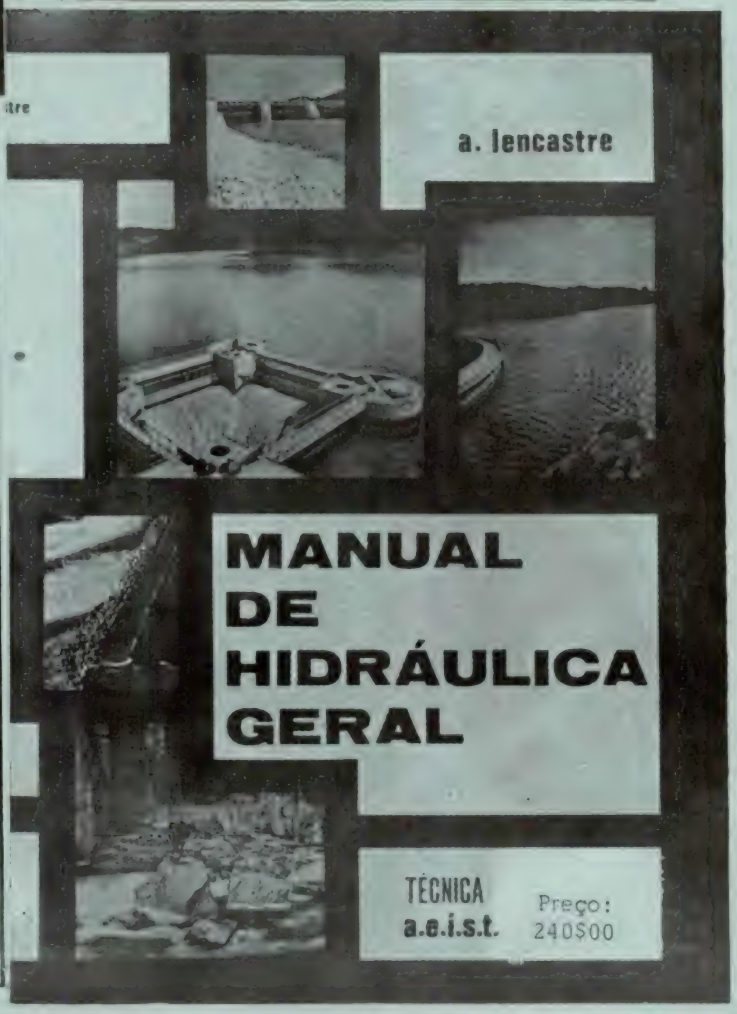
1º Volume

Pelo Eng.º A. C. XEREZ

Preço 180$00

Desconto: 10% aos assinantes

Pedidos à Técnica



a. lencastre

MANUAL DE HIDRÁULICA GERAL

TÉCNICA
a.e.i.s.t.

Preço:
240$00

Já pensou...

... que o seu anúncio
é muito mais eficaz se for
publicado na revista que
os seus clientes lêem?
Os milhares de exemplares
de cada número da nossa revista
são lidos por engenheiros
e técnicos, por pessoas ligadas
à indústria, à investigação, ao
ensino, pelos seus clientes,
em suma. Consulte-nos.

técnica REVISTA DE ENGENHARIA

Avenida Rovisco Pais • Lisboa 1 • Telef. 77 54 49

LISTA CLASSIFICADA DE ANÚNCIOS

Neste número continua a «Técnica» a sua secção de publicidade — a *lista classificada de anúncios* — destinada a facilitar a procura por parte dos clientes.

CONSTRUÇÃO CIVIL

CONSTRUTORES CIVIS

— **Construções Técnicas, Lda.**
P. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Soc. Const. Amadeu Gaudencio, Ld.ª**
R. Dr. Alexandre Braga, 4-A — Lisboa
Telef. 4 31 91 — 92 — 93.

— **Soc. de Pré-Fabricação e Obras Gerais Novobra**
Av. Estados Unidos da América, 100-5.º D
Telef. 77 48 32 / 76 64 46 — Lisboa 5

ESCAVADORAS E TRACTORES

— **Guedes & Almeida**
Rua Aurea, 181-2.º — Tel. 32 78 45 — Lisboa 2

FUNDAÇÕES E SONDAGENS

— **Construções Técnicas, Lda.**
Pr. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Av. da República, 42-8.º
Telef. 77 70 86/7 e 77 12 65 — Lisboa

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
Travessa do Guarda-Mor, 13-r/c
Tel. 32 46 93 e 21 32 56 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques — Beira

— **Fundações Franki, Lda.**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 53 41 12.

— **Johann Keller**
Av. Costa Pinto, 8-1.º Esq. - Cascais - Tel. 28 44 21

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 56 11 71/72/73.

— **Sondagens Ródio**
Rua de S. Bento, 644-3.º — Lisboa
Tel. 68 80 96/7/8

— **Sopecate**
R. do Arsenal, 146, 2.º — Lisboa.
Tel 3 40 10 - 32 02 08

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

— **Wild Portugal, Ld.ª**
Praça das Águas Livres, 8, s/l 6 — Lisboa 2 — Tel. 68 91 12.

ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO

ISOLA
Avenida António Augusto de Aguiar, 17-2.º
Tel- 53 71 91 — Lisboa.

CONSTRUÇÕES METALO-MECANICAS

— **COMETNA** — R. Academia de Ciências, 5 — — Lisboa — Tel. 32 00 01

— **Construções Metalo-mecânicas MAGUE Ld.ª** — Alverca

— **SEPSA - Sociedade Construções Electro-Mecânicas** — Leça do Balio

— **Sociedade Industrial Metalúrgica**
R. de S. Tiago, 1 — Lisboa

EQUIPAMENTO ELECTRICO

— **Construções Eléctricas Schréder, Ltd.**
Pr. José Fontana, 25-3.º E. — Tel. 56 10 01/2/3 — Lx.

— **EFACEC**
Rua Rodrigo da Fonseca, 76-3.º — Lisboa.

— **Electrotécnicos Reunidos**
Avenida João XXI, 64 — Lisboa.

— **Frapil**
Cais de S. Roque — Aveiro

— **Isolux, Lda.**
Largo do Campo Pequeno, 21, 4.º Esq.
Telef. 77 00 30/8/9 — Lisboa
Rua Dr. Alfredo Magalhães, 110, 2.º D.
Telef. 2 07 23 — Porto

— **J. F. de Azevedo e Silva & C.ª, Ld.ª**
Rua S. Francisco Sales, 2, 1.º — Tel. 65 41 65
Lisboa.

— **J. Roma**
Praça da Figueira, 86/51/2/3 — Lx.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **PHILIPS**
Avenida Eng.º Duarte Pacheco — Lisboa

— **Plessey Automática Eléctrica Portuguesa**
Avenida Infante D. Henrique, 333 — Lisboa.

— **Siemens — Companhia de Electricidade**
Avenida Almirante Reis, 65
Telef. 53 69 21/0 — Lisboa

— **Soc. de Elec. Brown Boveri**
Rua Sá da Bandeira, 481-2.º
Telef. 2 34 11 — Porto

— **SEPSA-Sociedade Construções Electro-Mecânicas** — Leça do Balio

— **Standard Electrica**
Av. da Índia — Tel. 63 81 71 — Lx.

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto
Tel. 2 76 76/9
Rua Rosa Araújo, 35
Lisboa — Telef. 53 11 81/7

COMPUTADORES

— **Eficex Kienzle**
Av. João XXI, 4-A — Tel. 72 70 28-72 70 19-Lisboa
— **Time — Sharing, S.A.R.L.**
Av. 5 de Outubro, 95-3.º — Tel. 76 95 51 — Lisboa

ELÉCTRODOS

— **Electro-Arco, Ld.ª**
R. Silva Carvalho, 230 — Lisboa — Tel. 68 36 46
R. do Bolhão, 216 — Porto — Tel. 2 12 77.

ISOLAMENTOS

— **Empresa Electro-Cerâmica, S.A.R.L.**
L. Barão de Quintela.

SOLDADURAS

— **Electro Arco**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa
R. do Bolhão, 216 — Porto
— **J. Roma**
Praça da Figueira, 86/51/2/3 — Lisboa

TELECOMUNICAÇÕES

— **Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos, S.A.R.L.**
R. Rodrigo da Fonseca, 110, r/c — Lisboa — Tel. 68 60 72.
R. Sá da Bandeira, 766-1.º E — Porto — Tel. 2 48 18
— **Plessey Automática Eléctrica Portuguesa**
Avenida Infante D. Henrique, 333 — Lisboa.
— **Standard Electrica**
Av. Índia — Tel. 63 81 71 — Lisboa

EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

— **COMETNA**
R. Academia de Ciências, 5 — Tel. 32 00 11
— **Construções Metalo-Mecânicas Mague, Lda.** — Alverca do Ribatejo
— **E. Pinto Basto & C.ª, Ld.**
Av. 24 de Julho, 1 — Tel. 36 15 81 — Lisboa.
— **Guedes & Almeida, Lda,**
R. Aurea, 181-2.º — Tel. 32 78 45 — Lisboa
— **Hydrel**
Rua do Alecrim, 47-A-B — Tel. 32 57 00-3 59 66-Lx.
— **Mendes de Almeida, Ld.ª**
Av. 24 de Julho, 52 — Tel. 66 77 10 — Lisboa.
— **Sociedade Comercial Romar**
Rua da Boavista, 83-1.º — Lisboa
— **Sociedade Portuguesa Ar Líquido**
Quinta do Almargem — Junqueira — Lisboa

CORRENTES

— **Harker Sumner**
L. do Corpo Santo, 18 — Tel. 32 48 23 — Lisboa
— **S. K. F.**
Rua da Alegria, 66-A — Lisboa — Tel. 36 23 01

INDÚSTRIAS QUÍMICAS

— **Hoechst Portuguesa, Ld.ª**
Avenida Sidónio Pais, 379 — Tel. 6 70 51 — Porto
Avenida Duque Ávila, 161-1.º — Tel. 4 51 41 — Lx.

GASOLINAS E ÓLEOS

— **Mobil Oil**

TEXTEIS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais, Ld.ª**
Estrada de S. João — Ovar.

TINTAS

— **Mendes de Almeida**
Av. 24 de Julho, 52 — Tel. 66 77 10 — Lisboa

LIVROS TÉCNICOS

— **TÉCNICA**
Avenida Rovisco Pais — Lisboa
Tel. 77 54 49

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

AÇOS ESPECIAIS

— **A. Johnson & C.ª (Portugal), Ld.ª**
P. José Fontana, 11-1.º — Lisboa — Tel. 53 70 15/ /6/7/8.
R. Dr. António Granjo, 160/168-Porto-Tel. 5 46 69
— **Heliaço**
R. S. Julião, 41-4.º — Tel. 36 78 17 — Lisboa.

BETÃO

— **Empresa Cimentos de Leiria**
R. Braamcamp, 7 — Lisboa. — Tel. 5 91 61/66.
— **Jomatel**
Rua Sampaio Pina, 1-5.º — Lisboa — Tel. 65 41 21
— **Sociedade Portuguesa CAVAN**
R. de D. Estefânia, 94-A — Lisboa — Tel. 4 78 12 e 5 01 29.

CIMENTOS

— **AGUIAR E MELO, LDA.**
Praça do Município, 13-1.º — Tel. 32 11 51/2 Lx.
— **CIBPA — Cimentos Brancos**
Tv. do Corpo Santo, 15 — Lisboa — Tel. 32 04 64.
R. do Bonjardim, 205 — Porto — Tel. 2 57 79.
— **Empresa de Cimentos de Leiria**
R. Braamcamp, 7 — Lisboa — Tel. 5 91 61/66.
— **Secil**
R. do Comércio, 156—Lisboa 2 — Tel. 32 82 01 2 3

MATERIAIS PRÉ ESFORÇADOS

— **Heliaço**
R. S. Julião, 41-4.º — Tel. 36 78 17 — Lisboa.
— **Soc. de Pré-fabricação e Obras Gerais Novobra, Ld.ª**
Av. E. U. da América, 100-5.º-E.
Tel. 77 48 32/ 76 64 46 — Lisboa.

ARTIGOS DE ESCRITÓRIO E ESCOLAR

MATERIAL DE DESENHO E TOPOGRÁFICO

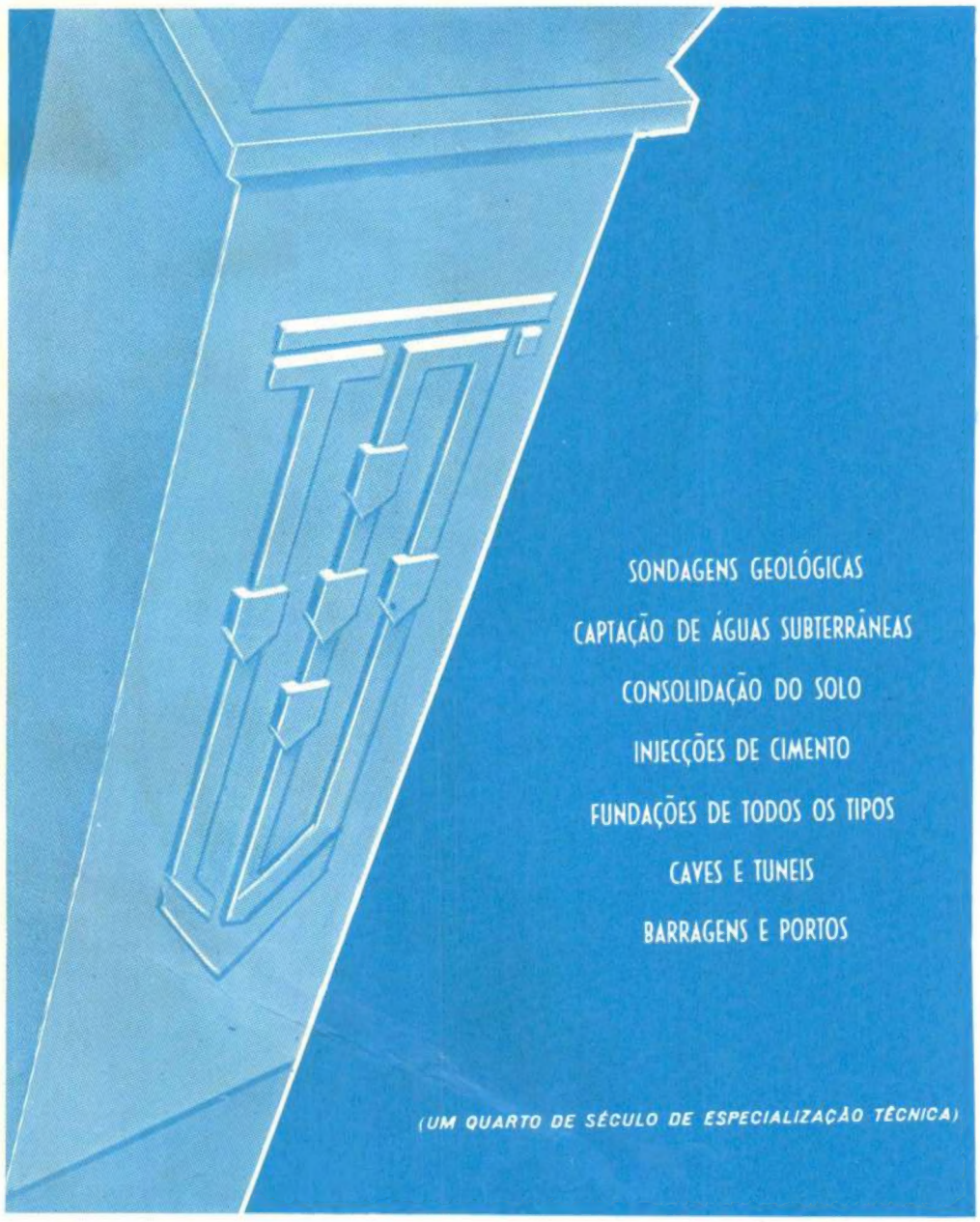
— **Rotring — Arthur Westheimer**
R. Maria aos Anjos, 48-r/c. — Lisboa
— **Wild Portugal**
Praça das Águas Livres, 8-s/l.
Tel. 98 91 12 — Lisboa.

Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

AV. DA REPÚBLICA, 42, 8.º
TELEFS. 77 70 86/7 e 77 12 65

LISBOA



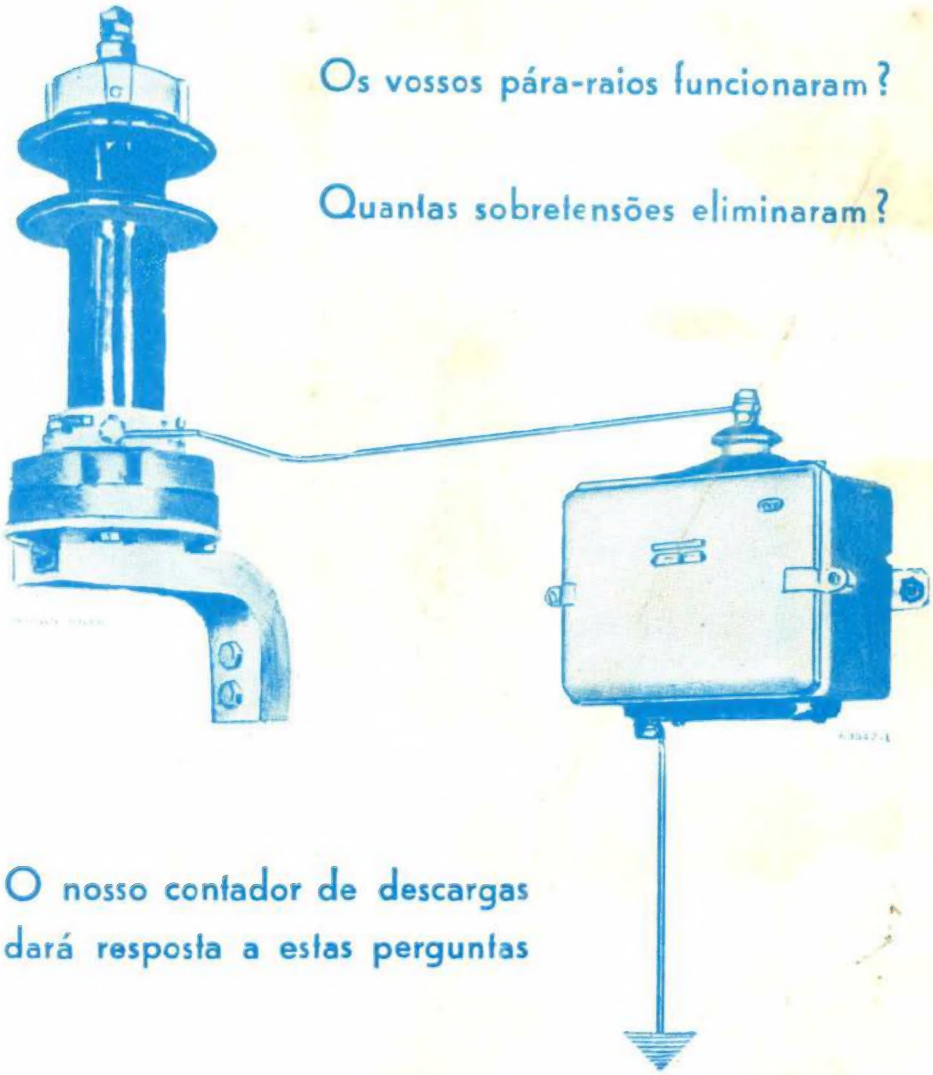
BROWN BOVERI

Pára-raios

Contadores de descargas

Os vossos pára-raios funcionaram?

Quantas sobretensões eliminaram?



O nosso contador de descargas dará resposta a estas perguntas

Para cada problema de protecção, os nossos Serviços Técnicos podem indicar a solução mais apropriada

SOC. DE ELECT. **BROWN BOVERI**, LDA.

RUA DE SÁ DA BANDEIRA – 481-2.º TEL. 23411-PORTO